

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
UNIDADE DE PÓS-GRADUAÇÃO, EXTENSÃO E PESQUISA
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO E TECNOLOGIA EM SISTEMAS
PRODUTIVOS

RENATA DE CÁSSIA BARBOSA VIEIRA

GERENCIAMENTO DA EXPOSIÇÃO DE USUÁRIOS À RADIAÇÃO POR MEIO DE
UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO RADIOLÓGICA (SIRIUS)

São Paulo
Junho/2020

RENATA DE CÁSSIA BARBOSA VIEIRA

GERENCIAMENTO DA EXPOSIÇÃO DE USUÁRIOS À RADIAÇÃO POR MEIO DE
UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO RADIOLÓGICA (SIRIUS)

Dissertação apresentada como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, no Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, sob a orientação da Profa. Dra. Elisabeth Pelosi Teixeira.

São Paulo

Junho/2020

V658g Vieira, Renata de Cássia Barbosa
Gerenciamento da exposição de usuários à radiação por meio de um sistema de informação radiológica (SIRIUS) / Renata de Cássia Barbosa Vieira. – São Paulo: CPS, 2020.
91 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Elisabeth Pelosi Teixeira
Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos). – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2020.

1. Sistemas Produtivos. 2. Sistema de Informação Radiológica. 3. Proteção Radiológica. 4. Gestão da Exposição do Paciente. I. Teixeira, Elisabeth Pelosi. II. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. III. Título.

RENATA DE CÁSSIA BARBOSA VIEIRA

GERENCIAMENTO DA EXPOSIÇÃO DE USUÁRIOS À RADIAÇÃO POR MEIO DE
UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO RADIOLÓGICA (SIRIUS)

Elisabeth Pelosi Teixeira

Profa. Dra. Elisabeth Pelosi Teixeira

Maria Elisa Chuery Martins Rostelato

Profa. Dra. Maria Elisa Chuery Martins Rostelato

Prof. Dr. José Manoel Souza das Neves

São Paulo, 26 de junho de 2020

Dedico a Deus, por ter tido a oportunidade de nessa vida conhecer e conviver com pessoas maravilhosas que tanto me ajudaram.

À Arlindo Barbosa, querido avô (*in memoriam*), maior exemplo de honestidade e coração imenso.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, Prof.^a Dra. Elisabeth Pelosi Teixeira, não tenho palavras para agradecer por esse período intenso que passamos juntas devido a esse projeto. Muito obrigada por todo o apoio, que foi muitas vezes, além de orientadora-orientada, minha gratidão eterna. Levo para a vida a dedicação, empenho e seriedade com que faz as coisas, quero um dia ser ao menos dez por cento do que você é.

A Profa. Me. Telma Vinhas Cardoso, pela valiosa contribuição nos campos da física, fundamentais para esse trabalho, além de contribuições em toda a ideia inicial, do trabalho de graduação até a realização da dissertação do mestrado. Muito obrigada pelas dicas e sacadas geniais e por todo o empenho dispendido com esse projeto.

Ao Prof. Dr. Marcelo Duduchi Feitosa, pela ajuda sem a qual esse trabalho não seria possível. Obrigada por toda a contribuição no campo da tecnologia da informação, ímpar para a realização do projeto.

A equipe de desenvolvimento do projeto, os alunos da Fatec São Paulo, Ygor Salvalagio Martins de Oliveira, Gabriel Sanz Sztachryn e Anderson Ribeiro Navarro, pela dedicação, todas as dicas e contribuições para a conclusão do protótipo do aplicativo do projeto.

A Dra. Sônia Terezinha Narcizo, por todas as dicas e contribuições com a visão do médico radiologista cuja colaboração foi essencial nesse trabalho.

A todos os professores, colegas de turma e todos os colaboradores do Programa de Pós-Graduação do Centro Paula Souza, pelos ensinamentos e companheirismo.

A Fatec Sorocaba, todos os professores e colegas de turma, sem essa experiência eu não seria metade do que me tornei hoje. Serei eternamente grata por tudo que vivi nessa Faculdade.

A meu namorado, amigo, companheiro que Deus enviou, Raphael de Oliveira Assumpção, muito obrigada pelo apoio incondicional oferecido em todos os aspectos, por acreditar em mim, por toda a parceria e companheirismo, por me ajudar e ter paciência nesse período de muita dedicação aos estudos.

A meus pais Antônia e Airton, minha base, pelo tanto que me amam, me cuidam e por tudo que me tornei graças a eles. Meu amor e gratidão eternos.

A meus irmãos, sobrinhos e todos os familiares, família é a base de tudo. Por me ensinarem sobre amor, união e gratidão.

A meus amigos, poucos e sinceros, que levo em meu coração por todos os lugares. Meu muito obrigada por compartilharem a vida comigo.

Na vida nada deve ser temido, apenas compreendido.

(Marie Curie)

(Impedida de ingressar na Universidade por ser mulher, foi a 1ª pessoa a receber 2 prêmios Nobel (Química e Física))

RESUMO

VIEIRA, R. C. B. **Gerenciamento da exposição de usuários à radiação por meio de um sistema de informação radiológica (SIRIUS)**. 91f. Dissertação Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2020.

No contexto do Sistema de Saúde supõe-se que haja algum tipo de controle das radiações ionizantes recebidas pelos pacientes durante exames médicos radiológicos, visto que o uso da radiação pode ser prejudicial à saúde quando em excesso. Como ainda não há um sistema que rastreie a exposição de usuários à radiação de forma universal propõe-se criar um método de gerenciamento das informações radiológicas referentes ao rastreamento de doses focado no paciente. O presente trabalho tem por objetivo desenvolver um processo de gerenciamento de informações radiológicas da exposição de usuários (pacientes) à radiação em procedimentos diagnósticos e terapêuticos por imagem, baseado em um sistema *mobile* denominado Sirius. O método utilizado neste trabalho foi um estudo descritivo-explicativo, com abordagem qualitativa. Foi realizado um levantamento bibliográfico e uma bibliometria sobre o cenário do Sistema de Saúde no Brasil, tendo em vista a proteção radiológica, de forma a avaliar como o excesso de exposição das pessoas à radiação ionizante pode ser prejudicial à saúde. Para responder à questão-problema, foi desenvolvido o protótipo de um aplicativo a ser usado por meio de simulações com dados fictícios, a fim de avaliar o processo e o protótipo do aplicativo e descobrir como esse instrumento de gestão pode ser utilizado no contexto da exposição de pacientes a radiações médicas para gerenciamento das informações radiológicas desses pacientes. O uso do sistema *mobile* Sirius integrado aos estabelecimentos de saúde fornecerá a informação atualizada no prontuário interno do paciente ou em seu prontuário eletrônico, podendo ou não estar integrado ao número do cartão SUS, o que seria ideal. O uso do Sirius é importante do ponto de vista da segurança do paciente. O processo de modelagem mostrou o caminho realizado pelo usuário (paciente) desde a consulta com o médico até a realização do(s) exame(s) médico(s) em uma clínica de radiologia ou hospital. A informação a respeito dos níveis de radiação estimados do paciente agrega valor à tomada de decisão do médico, levando em conta a redução da exposição do usuário (paciente) à radiação. Embora, nem todo cidadão possa se beneficiar do uso do Sirius, sua importância se dá pelo fato de ser pioneiro no registro e controle de exposições médicas às radiações ionizantes.

Palavras-chave: Sistemas Produtivos. Sistema de Informação Radiológica. Proteção Radiológica. Gestão da Exposição do Paciente.

ABSTRACT

VIEIRA, R. C. B. **Management of user exposure to radiation using a radiological information system (Sirius)**. 91f. Dissertação de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2020.

In the context of the Health System, it is assumed that there is control of ionizing radiation received by patients during radiological medical examinations, as the use of radiation can be harmful to health when in excess. As there is still no tracking system to users' exposure to radiation in a universal way, it is proposed to create a method of managing radiological information regarding the tracking of doses focused on the patient. The present work aims to develop a process of management of radiological information of the exposure of users (patients) to radiation in diagnostic and therapeutic imaging procedures, based on the mobile system (SIRIUS) as a tool. The method used in this work was a descriptive-explanatory study, with a qualitative approach. A bibliographic survey and a bibliometry was carried out on the scenario of the Health System in Brazil, with a view to radiological protection, in order to assess how the excessive exposure of people to ionizing radiation can be harmful to health. For answering the problem question, the prototype of an application was developed to be used through simulations with fictitious data in order to evaluate the process and the prototype of the application and discover how this management tool can be used in the context of the exposure of patients to medical radiation to manage the radiological information of those patients. The use of the Sirius mobile system integrated with healthcare establishments will supply updated information for the patient's internal medical record and / or even on his electronic medical record, integrated with the SUS card number, which would be ideal. The use of Sirius is important from the point of the patient's safety. The modelling process showed the path taken by the user (patient) from the consultation with the doctor to the performance of the medical examination (s) in a radiology clinic or hospital. Information about the patient's estimated radiation levels adds value to the physician's decision making, considering the reduction of the user's (patient's) exposure to radiation. Although not every citizen can benefit from the use of Sirius, its importance is since it is a pioneer in the registration and control of medical functions to the ionizing radiation.

Keywords: Productive Systems. Radiological Information System. Radiological Protection. Patient Management of the exposure of patients.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Os 10 princípios para o tratamento de dados pessoais.....	38
Quadro 2 - Estratégia de busca	52
Quadro 3 - Caso de Uso do SIRIUS	53
Quadro 4 - Escala de níveis do protótipo Sirius.....	64
Quadro 5 - Dados dos usuários-teste do sistema.....	68
Quadro 6 - Simulação do usuário X por ano e nível	69
Quadro 7 - Etapas da modelagem do processo de integração entre o Sirius e clínicas radiológicas	70
Quadro 8 - Etapas da modelagem do processo de integração entre o Sirius e Hospitais.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de tomografias por 1000 pessoas no Brasil e países selecionados de 2011 a 2016.	19
Tabela 2 - Resumo da dose efetiva que um cidadão pode receber durante um exame de Tomografia Computadorizada (TC).....	42
Tabela 3 - Limites de doses máximas anuais para o trabalhador e público em geral.....	43
Tabela 4 - Total de equipamentos de diagnóstico por imagem existentes no sistema público	59
Tabela 5 - Quantidade de exames radiológicos realizados entre 2014 e 2016 pelo SUS e setor privado	60
Tabela 6 - Doses efetivas de radiação média em exames médicos, diagnósticos, terapêuticos e intervencionistas.....	61
Tabela 7 - Limites de dose de radiação adotados para adultos e crianças.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Componentes de interação de um sistema.....	23
Figura 2 - Processo do Trinômio: dado, informação e conhecimento.....	25
Figura 3 - Mapa Conceitual de alimentação do DataSUS.....	28
Figura 4 - Exemplo de integração dos Sistemas de Informação em Saúde: HIS, RIS, PACS e DICOM	31
Figura 5 - Tela inicial original da <i>X-Ray Risk</i>	32
Figura 6 - Relatório de risco simulado na calculadora da <i>X-Ray Risk</i>	33
Figura 7 - Tela do <i>ScannerSide</i>	34
Figura 8 - Tela do <i>Impact CT Patient Dosimetry Calculator</i>	35
Figura 9 - Imagem representativa do efeito das radiações na pele.....	45
Figura 10 - Elementos básicos do BPMN para modelagem de processos	50
Figura 11 - Primeiro Caso de Uso do protótipo	55
Figura 12 - Caso de Uso Final do protótipo	56
Figura 13 - Telas do protótipo.....	67
Figura 14 - Processo de gestão das informações de pacientes expostos à radiação por meio da transmissão de dados de sistema <i>mobile</i> para <i>software</i> de gestão de clínicas radiológicas	73
Figura 15 - Processo de gestão das informações de pacientes expostos à radiação por meio da transmissão de dados de sistema <i>mobile</i> para <i>software</i> de gestão de hospitais.....	74
Figura 16 – Domicílios com telefone móvel celular e telefone fixo convencional no Brasil por região	75
Figura 17 - Domicílios em que havia utilização de Internet	76
Figura 18 - Domicílio em que não havia utilização de Internet por motivos.....	76
Figura 19 - Pessoas que utilizaram a Internet (%) por região e ano.....	77
Figura 20 - Número de Equipamento de Imagem por categoria e região, por 100 mil habitantes.....	78

LISTA DE SIGLAS

AIH	Autorizações de Internação Hospitalar
ALARA	<i>As Low As Reasonably Achievable</i>
ANS	Agência Nacional de Saúde Suplementar
BPM	<i>Business Process Management</i>
BPMI	<i>Business Process Management Initiative</i>
BPMN	<i>Business Process Modeling Notation</i>
BVS	Biblioteca Virtual em Saúde
CAD	<i>Computer-Assisted Diagnostic</i>
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNS	Conferência Nacional de Saúde
DICOM	<i>Digital Imaging and Communications in Medicine</i>
EUA	Estados Unidos da América
GDPR	<i>General Data Protection Regulation</i>
HIPPA	<i>Health Insurance Portability and Accountability Act</i>
HIS	<i>Hospital Information System</i>
HL7	<i>Health Level 7</i>
IAEA	<i>International Atomic Energy Agency</i>
ICRP	<i>International Commission on Radiologic Protection</i>
ICRU	<i>International Commission on Radiation Units and Measurements</i>
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados
MS	Ministério da Saúde
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
NCRP	<i>National Council on Radiation Protection and Measurement</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
OMG	<i>Object Management Group</i>
ONGS	Organizações não governamentais
PACS	<i>Picture Archiving and Communication System</i>
PET	<i>Positron Emission Tomography</i>
PNIIS	Política Nacional de Informação e Informática em Saúde
PR	Proteção Radiológica
RIS	<i>Radiology Information Systems</i>
RM	Ressonância Magnética
SBP	Sociedade Brasileira de Pediatria
SI	Sistema de Informação
SIASUS	Sistema de Informações Ambulatoriais do Sistema Único de Saúde
SIR	Sistema de Informação Radiológica
SIS	Sistema de Informação em Saúde
SUS	Sistema Único de Saúde
TISS	Troca de Informações em Saúde Suplementar
TC	Tomografia Computadorizada
UNSCEAR	<i>United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation</i>
USG	Ultrassonografia

SUMÁRIO

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
1.1 Sistemas de informação.....	22
1.2 Sistemas de Informação em Saúde.....	25
1.3 Sistemas de Informação Hospitalar.....	28
1.4 Sistemas de Informação em Radiologia	29
2 Segurança da informação em saúde	37
3 Proteção radiológica.....	39
3.1 Definições	40
3.2 Justificação.....	40
3.3 Limitação de dose	40
3.4 Otimização	41
3.5 Legislação	42
3.6 Efeitos biológicos da radiação X.....	43
3.7 Tipos de dose de radiação	45
4 Gerenciamento de Processos de Negócios	47
4.1 Definições de BPM	47
2 METODOLOGIA	50
2.1 Etapa 1.....	51
2.2 Etapa 2.....	52
2.3 Etapa 3.....	53
2.4 Etapa 4.....	56
2.5 Etapa 5.....	57
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
3.1 Levantamento do número de equipamentos radiológicos no Brasil e quantidade de exames realizados.....	58
3.2 Dose efetiva média de radiação em procedimentos médicos	60
3.3 Desenvolvimento de um protótipo (sistema <i>mobile</i>) de controle de doses de radiação em procedimentos médicos	63
3.4 Testes e aplicabilidade do protótipo com usuários fictícios.....	67
3.5 Modelagem de processo com BPM.....	70
3.6 Segurança, perfil de usuário e contribuições do Sirius	75
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
REFERÊNCIAS	81

INTRODUÇÃO

Contextualização

O cenário brasileiro na área da saúde mostra que somos um dos países do mundo onde os médicos mais pedem exames para diagnóstico. Apesar dos benefícios associados ao rápido diagnóstico das doenças, há riscos aos pacientes, como nos casos de exposição frequente às radiações ionizantes em exames de imagem (ANS, 2017).

Segundo a Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS), que regula as atividades de saúde privada no país, os médicos brasileiros pedem mais exames de tomografia computadorizada e ressonância magnética do que em países mais desenvolvidos, sendo que o número de procedimentos cresceu 22% em 2 anos (2014 a 2016). Além dos riscos desnecessários isso pode acarretar um custo muito alto com saúde no país (ANS, 2017).

O Brasil não é o único país que enfrenta essa avalanche de exames médicos. Os EUA gastam em torno de US\$ 3 trilhões por ano em assistência médica. Grande parte destes gastos se deve ao excesso de exames. Por conta da tecnologia sofisticada que vem sendo desenvolvida, os médicos se acostumaram a sempre pedir exames para validar as informações clínicas (FRANCES, 2015).

Erros médicos são a terceira principal causa de morte nos EUA e, frequentemente, são ocasionados por excessos de exames e tratamentos receitados de forma desordenada por médicos que conhecem bem os exames de laboratório, mas conhecem pouco seus próprios pacientes (HOFFMAN, COOPER, 2012).

O excesso de exames e diagnósticos, principalmente aqueles realizados por procedimentos invasivos ou que utilizam radiação, pode gerar danos maiores do que a doença propriamente dita. Assim, é preciso repensar o conceito de prevenção quando ele vem associado a riscos desnecessários (TESSER, 2014).

A radiação X vem sendo utilizada em exames médicos desde 1896, logo após a descoberta da radiação X pelo físico alemão Roentgen, quando não se tinha ideia dos riscos relacionados a ela (INKRET *et al.*, 1995). Desde então novas tecnologias foram sendo descobertas aprimorando os métodos e diminuindo esses riscos de lesões, doenças e até mesmo mortes por radiação. No entanto, ainda hoje é possível associar danos causados por radiações médicas em pacientes quando expostos excessivamente. Muito embora as doses sejam baixas para cada procedimento, os pacientes frequentemente são submetidos a exames repetidos ao

longo da vida para avaliar suas variadas condições, podendo resultar em doses cumulativas relativamente altas (KLEINERMAN, 2006).

Devido as doses de radiação dos exames diagnósticos serem baixas, não é possível se estudar seus efeitos adversos utilizando métodos epidemiológicos, a menos que muitos exames sejam realizados. Há um excesso de risco de câncer de mama que tem sido relacionado entre mulheres com tuberculose que realizaram frequentes fluoroscopias torácicas, assim como relatos de pacientes com escoliose que tiveram múltiplas radiografias diagnósticas durante a infância e adolescência (KLEINERMAN, 2006).

O rastreamento da exposição de pacientes a radiação vem sendo discutido no mundo todo conforme exposto, havendo uma tendência de excesso de exposição de pacientes à radiação, que pode contribuir para o aumento dos riscos associados a ela. A tecnologia aplicada à saúde pode contribuir para o rastreamento das doses de cada paciente, o que se torna relevante do ponto de vista da segurança do paciente e da redução de exames desnecessários.

Justificativa

No contexto do Sistema de Saúde supõe-se que haja algum tipo de controle das radiações ionizantes recebidas pelos pacientes durante exames médicos radiológicos, visto que o uso da radiação pode ser prejudicial à saúde quando em excesso.

O estudo bibliométrico sobre o tema retornou dados importantes para a pesquisa e mostrou que o tema é atual tendo um pico de publicações entre 2016 e 2018, principalmente em países como Alemanha e China. Os estudos mostram que a temática ainda está em desenvolvimento, tendo em vista que as próprias tecnologias médicas estão evoluindo e se aperfeiçoando.

Outro fato relevante considerado para este estudo é que há uma tendência, inclusive no Brasil, de ocorrer o chamado “*overdiagnosis*”, que em uma tradução livre significa “excesso de diagnóstico”, ou seja, o paciente passa por muitos procedimentos, às vezes até desnecessários, para se chegar ao diagnóstico e muitas vezes, não se conclui nada com estes exames, acarretando um prejuízo ao cidadão, à sua saúde e possivelmente um elevado custo com saúde (desnecessário) no Brasil e no mundo (MOYNIHAN *et al.*, 2014).

O crescente uso de radiações médicas vem ocasionando muitos estudos relacionados ao rastreamento das radiações cumulativas individuais. A Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) iniciou o projeto “*Smart Card*” em 2006 com o objetivo de desenvolver um

modelo flexível, semelhante a um cartão de crédito, para rastrear exposição cumulativa à radiação médica, incluindo sempre que possível informações sobre dose para procedimentos individuais (UNSCEAR, 2008; SODICKSON *et al.*, 2009; REHANI, 2013).

A tomografia computadorizada (TC) é um dos principais responsáveis pela radiação médica no Brasil e no mundo. Isso deve-se ao fato, não somente de haver um maior número de tomógrafos disponíveis, mas também por ser considerada a principal modalidade diagnóstica por imagem, em decorrência do seu potencial diagnóstico superior, ou seja, há uma facilidade de acesso a esse tipo de procedimento e a falta de conhecimento dos possíveis riscos associados podem estar favorecendo a realização de um número excessivo de exames desnecessariamente (WIEST *et al.*, 2002).

Há uma estimativa de que em torno de 20 milhões de TCs podem ter sido realizadas inapropriadamente em adultos, nos EUA, anualmente e mais de um milhão realizadas em crianças (BRENNER; HALL, 2007). Slovis e Berdon (2002) afirmam que, possivelmente, um terço dos procedimentos de TC poderiam ter sido substituídos por abordagens alternativas ou mesmo não terem sido realizados.

Levin *et al.* (2012) afirmam que outros exames de radiodiagnóstico com menor dose de radiação ou, inclusive, exames que não envolvam exposição à radiação ionizante, como por exemplo a ressonância magnética (RM) ou ultrassonografia (USG), poderiam ser utilizados sem comprometer o diagnóstico.

Dovales *et al.* (2016), por meio de uma amostra de 25 serviços privados de radiologia em 8 cidades no país, avaliaram o aumento do uso de TC em pacientes ambulatoriais do sistema público de saúde do Brasil. O estudo reportou um aumento considerável no uso de TC nos sistemas de saúde público e privado com uma taxa de crescimento entre 2008 e 2014 de cerca de 11% e 7% ao ano, respectivamente. A proporção de exames de TC em pacientes com até 20 anos foi de cerca de 13% e 9% nos sistemas público e privado de saúde, respectivamente. A proporção de exames pediátricos no Brasil está entre as maiores no mundo (METTLER *et al.*, 2000; BERRINGTON *et al.*, 2009; DOVALES *et al.*, 2016).

De acordo com dados do Sistema de Informações Ambulatoriais do Sistema Único de Saúde (SUS) aproximadamente 350 milhões de exames foram realizados em crianças e adolescentes de até 19 anos, correspondendo a 4% de todos os procedimentos médicos por imagem nos últimos dez anos. Segundo a Sociedade Brasileira de Pediatria (SBP) apesar de haver uma redução no tamanho dessa população o número de exames de radiodiagnóstico por imagem aumentou no país todo (AGÊNCIA BRASIL, 2018).

Em 2008 havia em torno de 68 milhões de crianças e adolescentes de 0 a 19 anos (36% da população); em 2017 este número caiu para 63 milhões (30% da população). Mesmo com esta redução, o volume de TCs em pacientes com idade até 19 anos dobrou nesse intervalo de tempo, passando de 225,4 mil em 2008 para 466,9 mil em 2017 (AGÊNCIA BRASIL, 2018).

Esse aumento tem sido gradativo ao longo dos anos, não só no Brasil, mas no mundo todo. Mettler *et al.* (2009) e UNSCEAR (2010) afirmam que a dose efetiva média anual global *per capita* derivada de procedimentos de TC aumentou em torno de cinco vezes entre 1985-1990 e 1997-2007, indo de 0,05 mSv¹ para 0,24 mSv, representando cerca de 40% da dose efetiva média *per capita* decorrente de exames de radiodiagnóstico. A TC representa cerca de 43% da dose efetiva coletiva mundial.

A dose efetiva média *per capita* em decorrência desses exames nos Estados Unidos, em 2006 foi estimada em 1,47 mSv, representando um aumento de quase 100 vezes em relação ao período de 1980-1982, quando a dose era de 0,016 mSv. Isto é, praticamente todo o aumento da dose efetiva média *per capita* entre 1980-1982 e 2006 nos Estados Unidos é decorrente do aumento da dose proveniente de TC, que representa metade da dose efetiva média *per capita* resultante de aplicações da radiação em radiodiagnóstico (METTLER *et al.*, 2009; EMAN, 2011).

Dados da ANS mostram que houve aumento no período de 2011 a 2016, não só no número de TC, que quase dobrou, passando de cerca de 4 milhões em 2011 para mais de 7 milhões em 2016, com crescimento de 76%, como também de mamografias, que subiu de pouco mais de 4 milhões em 2011 para 5 milhões em 2016, para as mulheres acima de 60 anos, onde há a indicação de realização anual ou semestral deste exame dependendo do caso clínico. Esse número passou de 1,9 milhões em 2011 para 2,3 milhões em 2016 (ANS, 2017).

Traduzindo em números o significado de “*overdiagnosis*”, observa-se que em 2011, no Brasil, a cada 100 consultas, em média 1,5 exames de tomografia foram realizados e em 2016, essa taxa média aumentou para 2,6 exames por consulta (ANS, 2017). Apesar de haver uma queda no número de beneficiários médico-hospitalares desde o final de 2014 houve aumento no número de exames realizados.

Quando comparado com outros países, o Brasil figura entre os que mais realizam exames, pois os números de saúde suplementar no país já se aproximam dos de outros países (OECD, 2019).

¹ mSv – Sievert é uma unidade usada para medir os efeitos biológicos da radiação no corpo humano. O prefixo mili está relacionado a uma parte de um mil (1/1.000).

Pode-se verificar na Tabela 1 que houve aumento no número de tomografias em todos os países estudados: Austrália, Bélgica, Canadá, Chile, Dinamarca, Espanha, França e Turquia. No período de 2011 a 2016, apenas os Estados Unidos mostraram uma leve queda, mas se considerarmos a média (254/1000 em relação aos 6 anos) isso não é tão relevante. Se o aumento relativo se confirmar nos próximos anos a situação será ainda mais preocupante em relação aos riscos associados a radiação (ANS 2017 e OECD 2019).

Tabela 1 - Número de tomografias por 1000 pessoas no Brasil e países selecionados de 2011 a 2016.

País	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Brasil (ANS)</i>	87,2	95,6	105,7	118,6	134,3	148,1
Alemanha	120,6	127,5	131,2	135,3	143,2	143,1
Austrália	91,2	104,1	109,9	115,5	119,6	119,6
Bélgica	184,9	186,8	186,3	193,1	198,4	199,7
Canadá	127,5	127,2	132,1	148,5	152,8	156,6
Chile	62,4	70,3	75,3	86,5	89,3	(*)
Dinamarca	124,3	130,1	141,9	150,5	161,8	160,7
Espanha	88,2	90,4	96,1	79,5	104,9	(*)
Estados Unidos	273,7	256,7	240,3	254,8	245,1	253,6
França	154,6	172,1	192,6	188,4	197,5	204,4
Turquia	112,3	131,4	145	101,3	174,8	(*)

Fonte: SIA/ANS/MS 03/2017 e OECD. Dados Extraídos em: 27 Abr 2019 (*) Dado não disponível

Estudos a respeito das doses de radiação e seus efeitos vêm abordando a temática do controle de doses, porém não há ainda no mundo nenhum sistema de rastreamento de nível nacional, com o intuito de registrar e controlar as exposições dos pacientes a radiações médicas.

Assim, com base no exposto, é objetivo desta pesquisa propor um processo de gerenciamento de informações radiológicas desenvolvido para registrar e calcular as exposições de pacientes à radiação, buscando uma forma tal que o próprio usuário possa, em um primeiro momento, proceder ao controle de sua exposição à radiação, gerenciando, em parceria com seu médico ou estabelecimento de saúde, o número de exames para um limite seguro de exposição, dentro de um perfil de risco/benefício a ser considerado, no momento da prescrição de um exame.

Portanto, com os dados apresentados, este estudo torna-se relevante por pretender desenvolver um processo de gestão em saúde, com foco no paciente, visando sua proteção radiológica.

O resultado esperado é a proposição de um protótipo de sistema de informação para o gerenciamento da exposição, que possa contribuir, com o passar do tempo e a incorporação rotineira desta tecnologia pelos pacientes para a redução de seus riscos, redução do número de exames desnecessários e, conseqüentemente, dos custos da saúde no país.

De acordo com o cenário apresentado buscamos desenvolver uma proposta de gerenciamento das exposições de pacientes às radiações em procedimentos diagnósticos e terapêuticos visando um controle da exposição para a minimização dos riscos associados à radiação, visando a segurança do usuário (paciente).

Objetivos

Geral

Propor um processo de gerenciamento de informações radiológicas da exposição de usuários (pacientes²) à radiação em procedimentos diagnósticos e terapêuticos por imagem no sistema de saúde no Brasil.

Específicos

- Avaliar o cenário do sistema de saúde brasileiro em relação aos equipamentos médicos envolvendo aplicação de radiação para diagnóstico e terapia e sua relação com a quantidade de exames realizados por períodos;
- Sistematizar as informações sobre doses e limites de exposição de pacientes à radiação por critérios anatômicos e de tipo de exame, dentre outros;
- Desenvolver um processo de gerenciamento da exposição de pacientes à radiação com base em um Sistema de Informação Radiológica (SIRIUS);
- Participar do desenvolvimento do protótipo Sirius;
- Realizar testes no protótipo Sirius;

² O usuário paciente aqui é ressaltado para diferenciar de estudos de proteção radiológica de trabalhadores da saúde, cujo monitoramento da exposição é obrigatório por lei (Portaria SVS-MS No. 453, de 01 de junho de 1998).

- Analisar formas e processos de integração de aplicativos de uso pessoal com sistemas de informações em saúde.

O método utilizado neste trabalho foi um estudo descritivo-explicativo, com abordagem qualitativa. Para que o estudo seja possível, houve um levantamento bibliográfico sobre o cenário do sistema produtivo da saúde no Brasil, tendo em vista a proteção radiológica, de forma a avaliar como o excesso de exposição das pessoas à radiação ionizante pode ser prejudicial à saúde dentro do contexto do SUS e da Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS).

Os instrumentos de coleta de dados da pesquisa foram a revisão bibliográfica, assim como a utilização de uma bibliometria capaz de identificar a relevância e atualidade do tema no Brasil e no mundo.

Foram levantados dados relacionados à forma como estão sendo realizados estudos acerca da proteção contra as radiações, seus sistemas de informação e procedimentos de proteção, e, principalmente, se há e de que forma está sendo realizada a gestão dessa problemática no Brasil e no mundo.

Para responder à questão-problema, foi montada uma equipe de trabalho multidisciplinar que ficou responsável pelo desenvolvimento de um aplicativo de gerenciamento de informações radiológicas com foco no usuário (paciente). Foram desenvolvidas aplicações do protótipo por meio de simulações com uma amostra fictícia, a fim de avaliar como esse instrumento pode ser utilizado no contexto da exposição de pacientes a radiações médicas. Como instrumento de interpretação foi realizada uma análise textual discursiva.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste trabalho visa estudar como os sistemas de informação podem auxiliar pessoas e sistemas de saúde a melhorarem o monitoramento da exposição de

pacientes à radiação, de acordo com os princípios de proteção radiológica adotados no Brasil, de forma a minimizar os riscos associados à saúde dos indivíduos que se submetem a procedimentos médicos diagnósticos e terapêuticos.

1.1 Sistemas de informação

Neste trabalho de pesquisa, as buscas realizadas na literatura sobre sistemas de informação (SI) mostraram que as definições de dado, informação e conhecimento muitas vezes se confundem e se complementam. Assim, propõe-se a discorrer sobre esses temas para chegar a conclusões corretas sobre estas definições que serão utilizados em diversos pontos da pesquisa.

Atualmente, com o avanço de novas tecnologias, a informática está inserida no dia a dia das empresas. Muitos sistemas computadorizados são utilizados para as mais variadas funções em todas as áreas da sociedade, facilitando o armazenamento e o processamento das informações (SAMPAIO, 2009).

Rowley (1998) afirma que a interpretação de informação tem guiado vários autores a buscar definir o conceito de informação. Ainda segundo o autor há diferentes contribuições para qualificar a variedade de definições de informação, ou seja, “informação como conhecimento subjetivo; como dados úteis, ou como uma coisa; como um recurso; como uma mercadoria e como uma força constitutiva na sociedade”.

Chiavenato (2004) afirma que sistema pode ser definido como qualquer conjunto de partes unidas entre si, tal que a relação entre as partes e o comportamento do todo seja foco de atenção.

Siqueira (2005) afirma que um sistema de informação contém três matérias-primas: dado, informação e conhecimento. O dado é o elemento mais simples do processo, enquanto a informação é composta de dados que possuem significados para quem os vê e que serão transformados em conhecimento pelo conjunto de nosso aprendizado segundo convenções, experiências acumuladas e percepção cognitiva, que irão transformar em conhecimento determinada realidade.

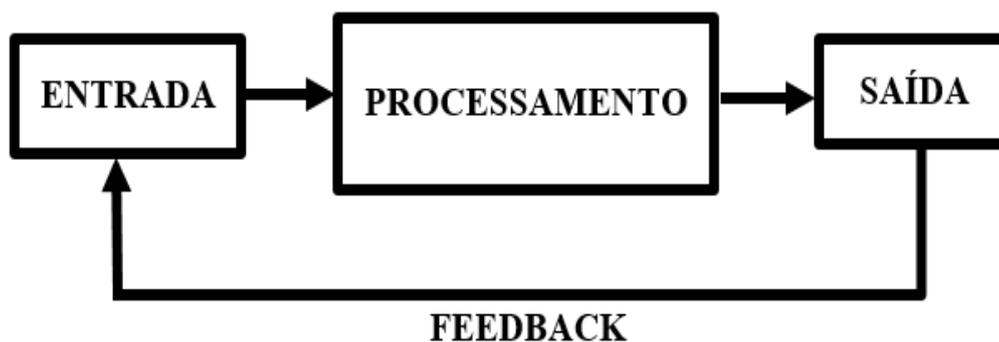
A ampla gama de possibilidades da informática torna esse campo muito extenso de inovações e motores de ideias. A informação e a comunicação são fonte de maior poder na

sociedade moderna. Quem possui a informação e tem o poder de utilizá-la da melhor forma possível tem a chave para o sucesso.

Contudo, podemos concluir que por meio de SI é possível inserir, organizar e processar dados para então transformá-los em informação e conhecimento. Laudon e Laudon (2001) afirmam que SI podem ser definidos como um conjunto de componentes inter-relacionados, que fazem a coleta ou recuperação, processamento, armazenamento e distribuição da informação dando assim suporte à tomada de decisão e ao controle da organização.

O'brien (2001) define sistema de informação como um grupo de elementos inter-relacionados (ou em interação) formando um todo único. Ainda segundo ele, um sistema possui três componentes básicos de interação: entrada, processamento e saída, como mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Componentes de interação de um sistema



Fonte: Elaborado pela autora, baseado em O'brien (2001).

Polloni (2000) definiu sistema como um grupo de partes coordenadas concorrendo para realizar um conjunto de objetivos, de acordo com um plano ou estratégia. Afirma ainda que qualquer sistema pode ser considerado um subsistema de outro ainda maior, sendo chamado de hierarquia de sistemas. Sistema de informação é qualquer sistema utilizado para fornecer informações, inclusive seu processamento, independentemente de sua utilização (POLLONI, 2000).

Para gerar informação são necessários dados. Sendo o primeiro recurso, o dado resulta de um fato bruto como nomes, números, códigos etc. ou suas representações como imagens, sons etc. dados estes que podem ser úteis ou não para determinando processo (AUDY; ANDRADE; CIDRAL, 2005).

De acordo com Urdaneta (1992) dados, informação e conhecimento são diferentes classes de informação. Os dados são a matéria-prima para a produção de informação; a informação provém de dados já processados e aptos para o uso; e o conhecimento é a informação preparada e usada de acordo com sua importância, sendo modificado conforme o ambiente e as novas informações provenientes dele.

Os dados são agrupamentos de fatos distintos e eventos isolados conforme defendem Davenport e Prusak (1998) e Moreira (2005). Quanto à sua importância, Santos (2001) afirma que os dados não possuem relevância, nem propósito ou significado, mas são importantes porque são a matéria-prima indispensável para a criação da informação, em concordância com Urdaneta (1992).

Lara (2004) e Carbone (2009) complementam ao afirmar que as informações são dados que após passar pela percepção de um cidadão, passam a ser compreendidos e adquirindo propósito e relevância, mudando sua forma de se comportar ou julgar. Rabaca e Barbosa (1995) afirmam que informação é o significado atribuído aos dados.

Santos (2001, p.26) afirma que a informação é o elemento mais importante que pode ser produzido pelo ser humano, pois é de onde se pode extrair ou construir conhecimento. Nas organizações, os empregados presenciam fatos e eventos, dos quais eles de acordo com a sua percepção, podem considerá-los importantes e associarem algum sentido.

Moraes e Fadel (2010) complementam que dados são as observações sobre o estado do mundo; informação são os dados com relevância e propósito; e conhecimento é a informação a qual foi dado um significado ou uma interpretação, quando alguém faz uma reflexão sobre a informação, acrescentando a ela sua própria sabedoria.

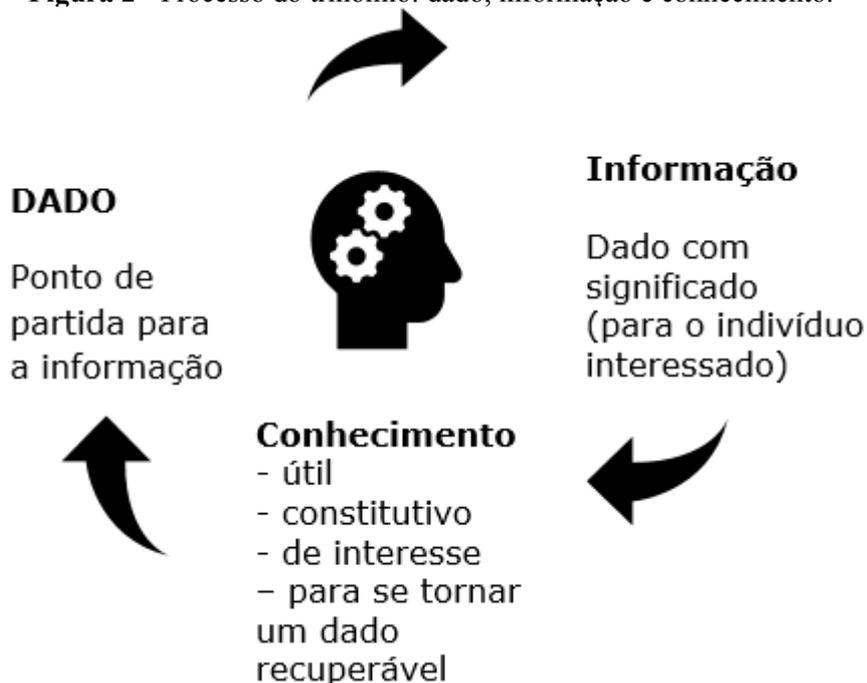
Santos (2001, p.30) acredita que conhecimento é uma mistura difícil de ser completamente entendida em termos lógicos. Blair (2002) concorda que conhecimento também pode ser o processamento inteligente da informação que o receptor consegue realizar, incorporando-o ao indivíduo ou a memória social.

Seguindo esse raciocínio, dado e informação estão alinhados e, juntos, formam o que chamamos de conhecimento. Um dado isolado não tem significância, mas quando os dados interagem uns com os outros e passam por uma observação do indivíduo criam-se significados mais complexos tornando a informação passível de se transformar em conhecimento.

Nesse sentido, Coelho (2009) afirma que são necessárias ferramentas para transformar os dados em informações; contudo, leva tempo para transformar a informação em conhecimento. O conhecimento é diferente de dado e de informação, embora estejam

intimamente relacionados e geralmente as diferenças entre eles sejam apenas uma questão de grau (DAVENPORT; PRUSAK, 1998). De acordo com Davenport (2000, p. 19) há uma dificuldade em distinguir dados, informação e conhecimento, podendo-se elaborar um processo que inclua os três. Esse processo é mostrado na Figura 2.

Figura 2 - Processo do trinômio: dado, informação e conhecimento.



Fonte: Nascimento, Tóffolo e Tomaél, 2011

1.2 Sistemas de Informação em Saúde

1.2.1 Definições

Os SI vêm sendo muito utilizados em vários aspectos da sociedade moderna, inclusive na área da saúde, visto que há muita informação e muita complexidade tanto na avaliação como no seu armazenamento. A seguir serão descritas variadas definições para sistemas de informação e seu impacto nos sistemas de saúde.

Segundo o Ministério da Saúde do Brasil, Sistemas de Informação em Saúde (SIS) são definidos como sistemas que servem como ferramenta de apoio à gestão do SUS, em todas as suas esferas, tanto nos processos de planejamento, de programação, de regulação, de controle, de avaliação e de auditoria (BRASIL, MS, 2019).

A Biblioteca Virtual de Saúde define que SIS são “instrumentos de padronização do monitoramento e da coleta de dados, fundamentando a tomada de decisões nos níveis municipal, estadual e federal” (BVS, 2019).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define SIS como um conjunto de elementos atuando de forma integrada gerando mecanismos de coleta, processamento, análise e transmissão da informação essencial e capaz de implementar processos na tomada de decisões no Sistema de Saúde. Tem objetivo de selecionar dados aptos para transformá-los em informações para os gestores e atores que avaliam os serviços de saúde (OMS, 2004).

Segundo Rodrigues (2000) a informação em saúde é imprescindível para uma boa gestão dos serviços, pois é ela que orienta toda implantação, acompanhamento e avaliação dos moldes de atenção à saúde e inclusive as ações de prevenção e controle de doenças. Cabe aos gestores a articulação com os órgãos que produzem as informações extra setorialmente, de forma a complementar e estabelecer um fluxo frequente de informação para cada nível do setor da saúde

As principais características que determinam a qualidade de uma informação são: oportunidade, atualidade, disponibilidade e cobertura, essenciais para que todo o SIS apresente bom funcionamento, devendo estes armazenar eletronicamente os dados dos pacientes e permitir o compartilhamento das informações entre os diversos atores que possuam autorização (MOTA, PEREIRA, SOUSA, 2014).

De acordo com Marin (2010) os SIS devem incluir todos os dados necessários aos profissionais de saúde e utilizadores dos sistemas, com o objetivo de desenvolverem e protegerem a saúde das populações. Devem também contribuir para melhorar a qualidade e a produtividade da assistência em saúde.

Almeida (2012) e Ramos (2009) dizem que os SIS podem ser desenvolvidos para uso macroeconômico, utilizados em Ministérios, Secretarias de Estado ou Prefeituras/Câmaras Municipais, onde são condensadas informações de outros subsistemas ou redes locais, ou para uso microeconômico (clínicas, hospitais, redes empresariais etc.). Podem conter informações clínicas, não clínicas e ou administrativas.

O SIS são fundamentais na tomada de decisões tanto nas esferas técnicas como nas políticas que possam ser formuladas e implementadas, garantindo melhor qualidade de ações, produzindo conhecimento e assegurando a avaliação regular da situação de saúde da população e dos resultados das ações de saúde executadas, fornecendo elementos para adequação dessas ações aos objetivos do SUS (BRASIL, MS, 1996).

Resumindo, sistemas de informações em saúde são fundamentais para ampliar o conhecimento sobre a situação de saúde para análise da situação, formulação e avaliação das políticas de saúde.

1.2.2 SIS no Brasil

Para a gestão de toda a informação em saúde há no país muitos sistemas para coleta, controle e gerenciamento dos dados relativos à saúde.

A filosofia de saúde do SUS de ser integral e universal a todos gera ineficiência do sistema quando trabalha sozinho. Assim, onde o SUS não alcança seus objetivos, existem os serviços de saúde privados, que devem trabalhar de acordo com os princípios do SUS praticando o princípio constitucional da saúde, como direito de todos e dever do Estado (BRASIL, 1988).

O SUS é um dos maiores sistemas públicos de saúde do mundo, pois garante acesso universal, integral e gratuito a toda a população do país e, portanto, se utiliza de muitos sistemas para armazenar e controlar informações das mais variadas e complexas (CARVALHO, 2010).

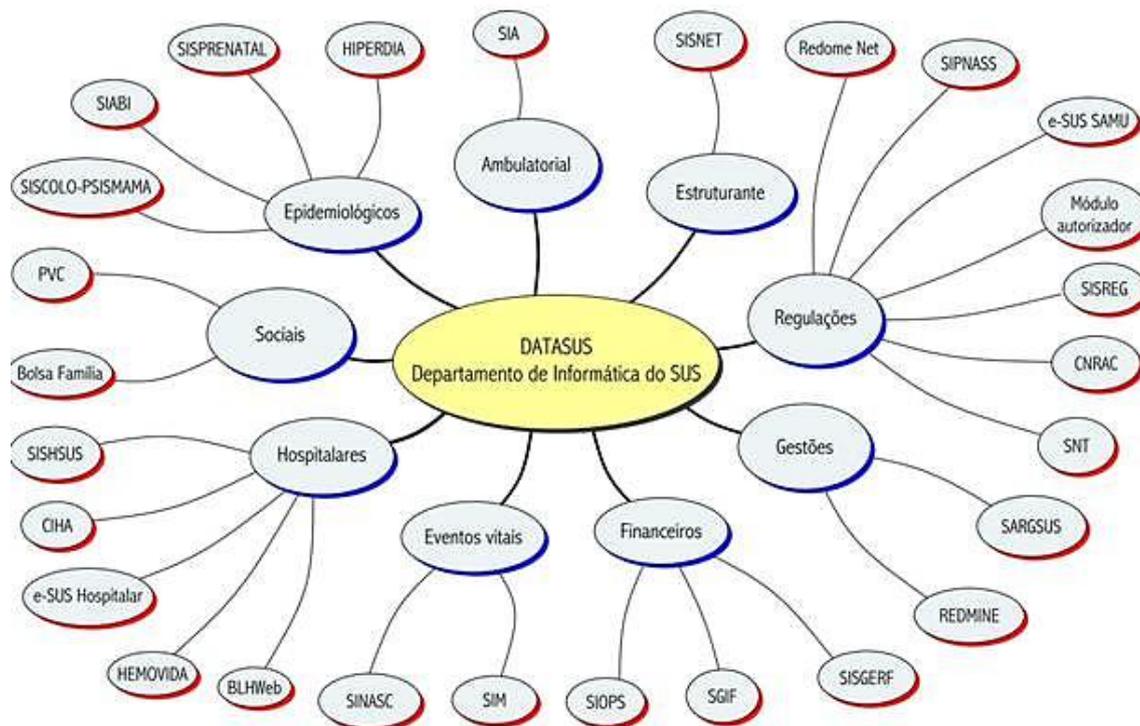
O conceito de saúde adotado pelo SUS não diz respeito apenas à ausência de doença, mas deve atuar na promoção e na prevenção e recuperação de doentes, devendo a gestão dos serviços de saúde ser participativa entre as esferas federal, estadual e municipal (BRASIL, MS, 2009).

A Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS), vinculada ao Ministério da Saúde no Brasil, é a responsável pela regulamentação do sistema privado de saúde do país. Foi criada através da Lei nº 9.961, em 2000, como instância reguladora de um setor da economia sem padrão de funcionamento e ficou responsável por cumprir a Lei nº 9.656, editada em junho de 1998, no intuito de padronizar procedimentos e reduzir as distorções no setor, diminuir abusos, aumentar a transparência das operadoras a prestadores e consumidores, além de definir mecanismos que preservassem o equilíbrio-financeiro entre os lados (BRASIL, MS, 2013).

Desde então a saúde suplementar no Brasil passou a coexistir com o sistema público de saúde - o SUS. Hoje, o setor brasileiro de planos e seguros de saúde é um dos maiores sistemas privados de saúde do mundo. A criação da ANS alterou profundamente a estrutura das operadoras de planos de saúde e exigiu do setor a capacidade permanente de se adaptar às pressões regulamentares e de implementar uma dinâmica de gestão de custos mais eficiente, baseada, sobretudo, em tecnologia de ponta (BRASIL, MS, 2009).

O DataSUS é um repositório de dados, alimentado pelos SIS do Ministério da Saúde, em uma rede em que cada um responsável pela coleta de dados de cada área de abrangência do SUS (RIPSA, 2008). A Figura 3 mostra o tamanho e a complexidade do DataSUS.

Figura 3 - Mapa Conceitual de alimentação do DataSUS



Fonte: Silva e Autran, 2019.

1.3 Sistemas de Informação Hospitalar

Os sistemas de gerenciamento do fluxo e armazenamento de informações nos serviços de um hospital devem abranger todos os dados desde a entrada do paciente até a saída, incluindo ainda os prontuários eletrônicos, exames realizados, procedimentos cirúrgicos, exames de imagem, entre outros. Devem integrar também o gerenciamento dos aspectos médicos, administrativo, financeiro e jurídico de um hospital.

O HIS - Sistema de Informações Hospitalares, do inglês “*Hospital Information System*” é o sistema que permite o intercâmbio das informações hospitalares (MARIN, 2010 e GUTIERREZ, 2011).

O HIS é um sistema informatizado proposto para fornecer um ambiente sem papel, envolvendo todos os aspectos da atividade hospitalar, como sistemas clínicos, administrativos e financeiros (NILASHI *et al.*, 2016).

Tem o principal objetivo de fornecer o melhor suporte possível para o cuidado e manejo do paciente por meio do processamento eletrônico de dados. Simplifica a gestão das funções clínicas, administrativas e estratégicas de um hospital (BATRA; PALL, 2015).

Um HIS é um sistema de informação integrado que melhora o atendimento ao paciente, aumentando o conhecimento dos usuários e reduzindo a incerteza, dá apoio também a tomada de decisões racionais a partir das informações fornecidas (SANTOS; ARAUJO, 2013).

No Brasil, temos o Sistema de Informação Hospitalar do SUS (SIH/SUS), responsável por todos os dados administrativos de saúde disponíveis no país. Possui abrangência nacional e tem sua origem nas Autorizações de Internação Hospitalar (AIH), atribuídas ao pagamento das internações dos hospitais públicos e privados conveniados ao SUS. Fornece informações das áreas geográfica, diagnóstica e demográfica (CAMPOS *et al.*, 2000).

1.4 Sistemas de Informação em Radiologia

Os sistemas de informação são muito utilizados em várias áreas do conhecimento e, em especial na área da saúde, sendo ferramentas importantes na epidemiologia, na gestão dos estabelecimentos de saúde, como de áreas específicas como agendamento, laboratórios, internação etc. Nesse tópico da Revisão de Literatura serão abordados os principais sistemas de informação utilizados em radiologia, visto ser este o objeto de estudo desse trabalho.

1.4.1 RIS – *Radiology Information System*

O Sistema de Informação em Radiologia (RIS), do inglês *Radiology Information System*, é um dos *softwares* de gestão mais completos utilizados em centros de diagnóstico por imagem. Este sistema oferece a possibilidade de armazenar, manipular e distribuir dados do paciente e imagens radiológicas. O RIS é uma peça integrante de sistemas maiores, como o HIS (Sistema de Informação Hospitalar) e o PACS (Sistema de Comunicação e Arquivo de Imagens) (ZHANG *et al.*, 2009).

Seu principal objetivo é automatizar todo o fluxo de trabalho de uma clínica radiológica, que vai desde o agendamento do procedimento até a distribuição do resultado do exame, agilizando os processos e reduzindo os erros e aumenta a produtividade da equipe, visto que a partir desse sistema é possível acompanhar o *status* de cada tarefa, além da busca facilitada pelas informações por meio da busca personalizada com palavras-chave e filtros.

1.4.2 DICOM - *Digital Imaging and Communications in Medicine*

O Protocolo DICOM® (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) é o padrão internacional para transmitir, armazenar, recuperar, imprimir, processar e exibir informações de imagens médicas (DICOM, 2019).

De acordo com Caritá, Matos e Marques (2004), o DICOM é um dos formatos de imagem empregados na medicina e foi definido em 1993 como um padrão para transferência de imagens e outras informações relacionadas.

O DICOM faz a integração entre dispositivos de aquisição de imagem, PACS, estações de trabalho e impressoras de diversos fabricantes (HORII, 2009).

1.4.3 PACS - *Picture Archiving and Communication System*

O PACS (do inglês: *Picture Archiving and Communication System*) ou Sistema de Comunicação e Arquivamento de Imagens foi originalmente desenvolvido, nos anos 1980, como uma ferramenta para facilitar radiologistas a interpretar imagens com maior acurácia. O PACS foi evoluindo para um sistema hospitalar integrado, pois armazena as informações de diagnóstico por imagem e muitas vezes vai além de radiologia (SIEGEL; KOLODNER, 1999).

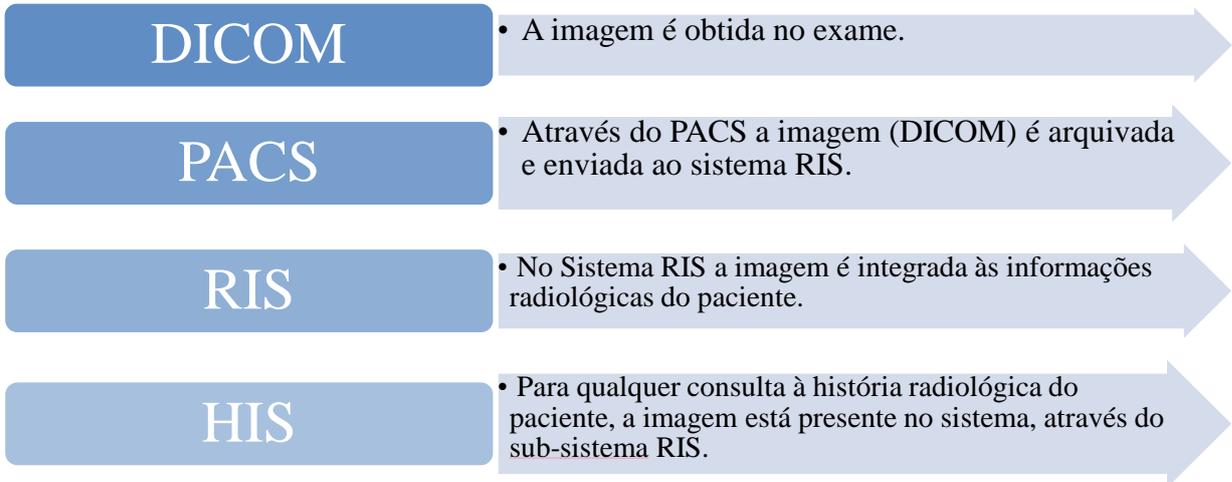
De acordo com Huang (2005), o PACS possui uma arquitetura computacional criada para armazenar, capturar, exibir e distribuir imagens médicas. Por meio da funcionalidade de compartilhamento de imagens, é possível acessar os exames gerados e elaborar laudos a distância, o que traz muitas vantagens para os profissionais de saúde, que vão desde a integração de dados em uma única plataforma à redução de erros no fluxo de trabalho.

Wiley (2009) afirma que a evolução contínua da tecnologia PACS levou a uma gama ampla de aplicações que vão desde tele radiologia até o CAD (*Computer-Assisted Diagnostic*), no intuito de fornecer acesso a dados de imagem fora do setor de radiologia, chegando a todos os ramos da empresa de saúde.

O sistema PACS permite a padronização do formato das imagens e trabalha de forma integrada com mais dois sistemas: o RIS (*Radiology Information Systems*) e o HIS (*Hospital Information Systems*), descritos acima, sistemas esses que são administrativos e servem de suporte ao registro do paciente, emissão de laudos, documentação do exame, prontuário do paciente, entre outras funções (BAKKER, 1991).

Existem algumas maneiras de integrar todos os sistemas mencionados acima. Em clínicas pequenas pode não haver alguns deles, como o HIS por exemplo, dessa forma um exemplo da integração dos sistemas HIS e ou subsistemas RIS, PACS e DICOM é ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Exemplo de integração dos Sistemas de Informação em Saúde: HIS, RIS, PACS e DICOM



Fonte: Bakker, 1991 e Horii, 2009

1.4.4 SIR relacionados a doses

Existem alguns sistemas de informações em radiologia que fazem algum tipo de gestão das doses de radiação em pacientes ou realizam cálculos de doses e seus riscos associados, porém, estes sistemas ainda são poucos divulgados e possuem pouca utilização; outros ainda estão em desenvolvimento ou são objetos de pesquisa. Esses sistemas serão apresentados a seguir.

1.4.4.1 X-Ray Risk – Radiation Risk Calculator

A *X-Ray Risk* é uma calculadora de risco *online*, disponível para qualquer pessoa utilizar. Ela fornece informações para pacientes e profissionais de saúde com objetivo de facilitar discussões bem informadas sobre o aumento do risco à saúde por exposição à radiação em procedimentos médicos (X-RAY RISK, 2019).

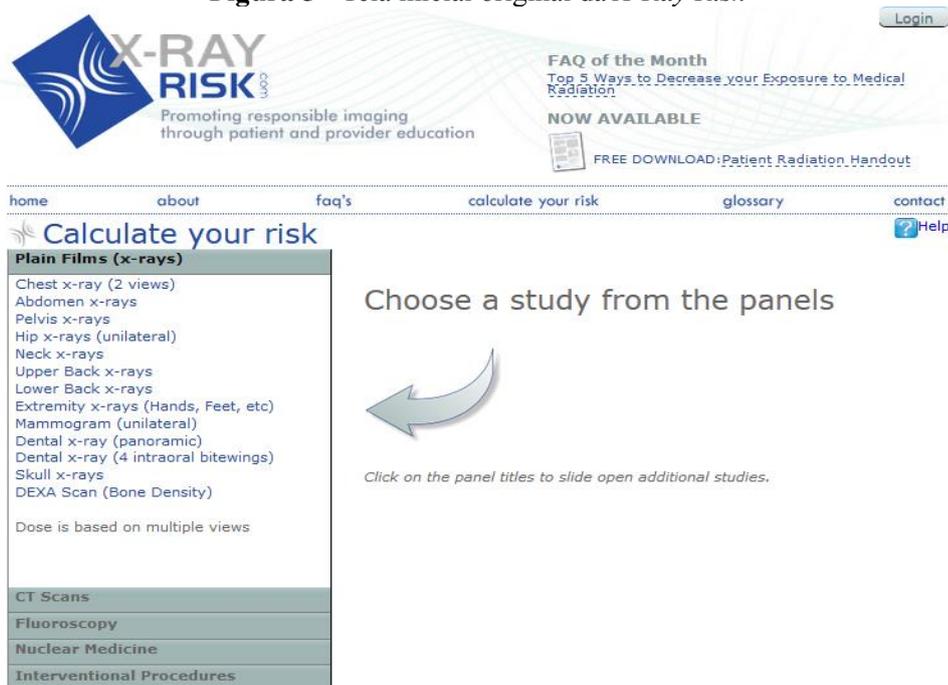
Por meio de uma tabela fixa de valores médios de doses efetivas de cada exame ela faz um “relatório de risco” com base nas doses efetivas dos exames. O resultado dos cálculos é relacionado aos riscos de se ter câncer em relação aos exames realizados pelo paciente.

A calculadora foi desenvolvida por um comitê de cientistas e educadores reunidos pelo Conselho Nacional de Pesquisa e organizado pela Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos, onde foi publicado um relatório sobre os Riscos à Saúde da Exposição aos Baixos Níveis de Radiação Ionizante em 2006 (X-RAY RISK, 2019).

A Figura 5 mostra um recorte da tela inicial original retirada do site www.xrayrisk.com de escolha de exames.

Após a inserção dos dados do paciente como idade, sexo, tipo e quantidade de exames, a calculadora gera um relatório que mostra o total da dose efetiva, uma estimativa de risco de câncer adicional em decorrência dos exames realizados e compara com outras doses, como por exemplo, a radiação de fundo natural. Ela ainda faz uma comparação com outros riscos de morte como, por exemplo, as chances de se morrer em um acidente de carro, entre outros.

Figura 5 - Tela inicial original da X-Ray Risk



Fonte: X-Ray Risk, 2019

Na Figura 6 há um exemplo de cálculo realizado pela X-Ray Risk após a inserção de dados de um paciente fictício com o objetivo de mostrar seu funcionamento.

Figura 6 - Relatório de risco simulado na calculadora da X-Ray Risk

Seu Relatório de Risco de Raio-X						
Estude	Gênero	Era	# de exames	Dose (mSv)	Risco de Câncer Adicional (%)	
Mamograma (unilateral)	Fêmea	50	2	0,8	0,005407%	✗
Raio X de tórax (2 visualizações)	Fêmea	50	2	0,2	0,001352%	✗
Raios x inferiores	Fêmea	50	3	4,5	0,030417%	✗
TC do cérebro (padrão)	Fêmea	50	2	4	0,027037%	✗
			Totais:	9	9,5	0,064213%

Um risco adicional de câncer de 0,064213% é igual a 1 em 1557 chances.
 Ou dito de outra forma, uma chance de 99,935787% de não ter nenhum efeito dos estudos acima.

[Para ajudar a suportar o XrayRisk.com, faça uma doação. Clique aqui.](#)

[Salvar relatório de](#) [visualização do relatório](#)

Doses de comparação			
Fundo natural	3,1 mSv / ano ¹⁰	Pilotos Domésticos	2,2 mSv / ano ¹¹
Exposição média nos EUA	6,2 mSv / ano ¹⁰	Voo da companhia aérea de 7 horas	0,02 mSv ¹²
Raio X de tórax (2 visualizações)	0,1 mSv	TC de tórax	7,0 mSv

Risco Estimado de Morte ao Longo da Vida de Várias Fontes ¹³

Acidente de Veículo Motorizado	1% ou 1 em 100 chances
Afogamento	0,1% ou 1 em 1000 chances
Acidente de bicicleta	0,01% ou 1 em 10.000 chances
Relâmpago	0,001% ou 1 em 100.000 chances

Tenha em mente que o risco total ao longo da vida de desenvolver um câncer invasivo é de 37,5% (1 em 3) para mulheres e 44,9% (1 em 2) para homens, independentemente do histórico de imagens. Essas estatísticas são médias e não prevêm o que vai acontecer com você. Eles não levam em consideração fatores de risco individuais, incluindo estilo de vida (tabagismo, dieta, exercícios, etc.), histórico familiar (genética) ou exposição à radiação. A maioria dos cânceres ocorre mais tarde na vida e o risco médio de morrer por câncer é de 25% (1 em 4).

Fonte: Adaptado e traduzido de X-Ray Risk, 2019

1.4.4.2 Dicom Effective Dose (DICOM-ED)

É um aplicativo “web” brasileiro em fase de pesquisa, desenvolvido na Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (USP) e implementado para funcionar como ferramenta de troca de dados entre os sistemas de informação no ambiente hospitalar.

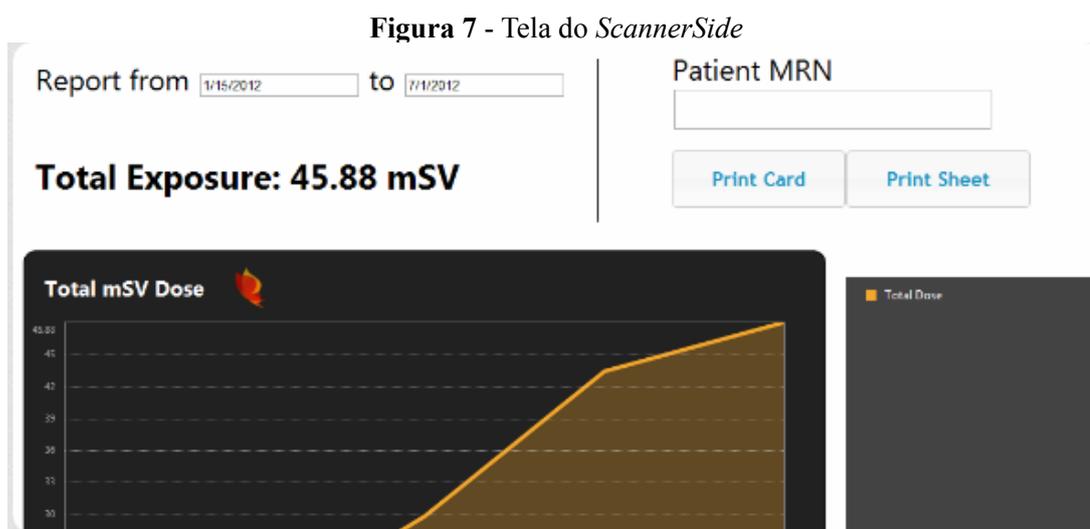
Por meio do protocolo DICOM e o protocolo de comunicação HL7 (*Health Level 7*) o sistema identifica os pacientes que realizaram TC dentro da “worklist”. Rastreia o banco de dados do PACS, localiza os exames e extrai do cabeçalho os dados necessários para o cálculo de dose efetiva. Posteriormente ele armazena esses dados em um banco de dados e calcula a

dose efetiva e a dose acumulada para cada paciente. Também é capaz de gerar um conjunto de relatórios pré-determinados (CÉSAR *et al.*, 2018).

1.4.4.3 ScannerSide

O *ScannerSide* é uma solução em rastreamento de dose cumulativa em procedimentos intervencionistas. Existem variações do sistema de rastreamento em tempo real e eles utilizam mecanismos de OCR, web e baseado em nuvem capaz de rastrear a dose de radiação cumulativa, análises em tempo real, impressões de pacientes, entre outras.

O sistema também pode gerar impressões de relatórios e possibilita ainda o acesso das doses de radiação da rede de seus diversos clientes podendo gerar um comparativo e possível melhora de protocolos visando a redução das doses (SCANNERSIDE, 2019). A Figura 7 mostra a tela original do *ScannerSide*.



Fonte: Scannerside, 2019

1.4.4.4 ImPACT CTDOSIMETRY

O *ImPACT CTDOSIMETRY* é um centro de avaliação de *scanners* de tomografia criado em 2000 no Reino Unido, mas o conhecimento e a informação gerados beneficiaram usuários e pacientes em todo o mundo.

Esse grupo desenvolveu um aplicativo em *Microsoft Excel*[®] com base em simulações de Monte Carlo³ capaz de calcular a dose efetiva com maior acurácia. A planilha faz os cálculos

³ Hammersley e Handscomb (1964) definem Método de Monte Carlo, como um método de simulação estatística que utiliza sequências de números aleatórios para desenvolver simulações. Em outras palavras, é visto como um método numérico universal para resolver problemas por meio de amostragem aleatória (aproximação da solução).

de dose e permite a seleção de *scanners* de tomografia computadorizada mais modernos (IMPACT SCAN, 2019).

O aplicativo está disponível para *download* para qualquer pessoa, porém para conseguir realizar seu funcionamento é necessário entrar em contato com a equipe de Londres via e-mail, para obter os conjuntos de dados Monte Carlo, NRPB SR250⁴ e colocá-los no mesmo diretório ou pasta de arquivos (IMPACT SCAN, 2019).

A Figura 8 mostra a tela original do *Microsoft Excel*[®] com o aplicativo onde é possível realizar cálculos de dosimetria de exames de Tomografia Computadorizada.

Figura 8 - Tela do *Impact CT Patient Dosimetry Calculator*

The screenshot shows the 'Impact CT Patient Dosimetry Calculator' interface. It includes sections for Scanner Model, Acquisition Parameters, Organ weighting scheme, and a table of organ doses. The total effective dose is calculated as 5.1 mSv.

Organ	w _T	H _T (mGy)	w _T H _T
Gonads	0.2	1.1	0.23
Bone Marrow	0.12	3.4	0.41
Colon	0.12	7.4	0.89
Lung	0.12	3.1	0.37
Stomach	0.12	15	1.8
Bladder	0.05	0.54	0.027
Breast	0.05	0.64	0.032
Liver	0.05	14	0.72
Esophagus (Thymus)	0.05	0.53	0.026
Thyroid	0.05	0.044	0.0022
Skin	0.01	2.8	0.028
Bone Surface	0.01	5.3	0.053
Not Applicable	0	0	0
Not Applicable	0	0	0
Remainder	0.025	3.5	0.087
Kidneys	0.025	17	0.42
Total Effective Dose (mSv)			5.1

Remainder Organs	H _T (mGy)
Adrenals	13
Small Intestine	9.5
Kidney	17
Pancreas	13
Spleen	14
Thymus	0.53
Uterus	1.9
Muscle	3.4
Brain	0.0025
Not Applicable	N/A
Other organs of interest	H _T (mGy)
Eye lenses	0.004
Testes	0.041
Ovaries	2.2
Uterus	1.9
Prostate	0.54

Fonte: ImpactScan, 2019

1.4.4.5 Smart Card/SmartRadTrack

O *Smart Card*, semelhante a um cartão de crédito, foi originalmente desenvolvido para acessar as informações nos servidores a respeito da exposição individual do paciente. Criado em 2006, tinha como objetivo o rastreamento da exposição à radiação do paciente em todas as

⁴ NPBR SR250 é um pacote de dados de doses normalizadas de TC utilizadas pelo sistema *ImpaCT Scan* para calcular doses absolutas, tecidos afetados e doses efetivas de exames específicos.

modalidades de imagem que usam radiação ionizante para procedimentos intervencionistas e exames radiográficos, fluoroscópicos, tomografia computadorizada (TC) e diagnóstico nuclear (REHANI, 2013).

Atualmente chamado de *Smart Card/SmartRadTrack*, visa, além do rastreamento da exposição de paciente, desenvolver metodologias para o rastreamento do histórico de exposição à radiação do paciente, ajudar os Estados Membros a estabelecer políticas e mecanismos para rastrear índices de exposição à radiação em todas as modalidades, promover a justificação e otimização da proteção, entre outras provisões de segurança do paciente (IAEA, 2019).

Segundo a IAEA, o projeto avançou em todo o mundo tendo resultados muito promissores a partir de 2008-2009 quando começou a ser implantado. Após muitas melhorias, as contribuições mais importantes se referem à definição de um identificador permanente para cada indivíduo, válido para toda a vida, e útil para o rastreamento de sua exposição à radiação.

Esse rastreamento tornou-se mais viável de tal forma que é uma realidade em algumas regiões de países como Estônia, Finlândia, Malta e Suécia. Outros países estão fazendo progresso, como: Argélia, Bulgária, Egito, Macedônia, Holanda, Romênia, Coreia do Sul e Espanha (IAEA, 2019).

1.4.4.6 Segurança em Procedimentos Radiológicos (SAFRAD)

O SAFRAD (do inglês: *SAFety in RADiological procedures*) é um sistema de notificação internacional voluntário sobre as doses recebidas pelos pacientes e outros dados ou eventos relevantes em procedimentos de diagnóstico e intervenção guiados por fluoroscopia. Ao registrar altas exposições ou eventos não intencionais, o *SAFRAD* cumpre um propósito educacional, que tem o objetivo de ajudar a fortalecer a segurança. O *site* requer registro (IAEA, 2019).

A AIEA tem um subprograma sobre Proteção à Radiação de Pacientes que opera sob um Plano de Ação Internacional. Este é o primeiro programa dedicado à proteção contra radiação de pacientes iniciado em 2001 por uma organização internacional. Um *site* dedicado foi criado em 2006 e está se tornando um recurso popular para informações confiáveis para profissionais de saúde, pacientes e público.

O *site* fornece informações sobre segurança radiológica em procedimentos intervencionistas, além de outras áreas em radiologia, radioterapia, radiologia odontológica, medicina nuclear, gravidez e para crianças. Também é fornecido material de treinamento para download gratuito para uso por profissionais de saúde (IAEA, 2019).

2 Segurança da informação em saúde

Devido ao avanço tecnológico, as informações dos pacientes, que antes ficavam restritas aos locais de atendimento, estão circulando nos meios digitais, com o objetivo de facilitar o acesso. Tal fato é preocupante do ponto de vista da segurança e da privacidade dos pacientes.

A segurança é um dos principais tópicos da transformação digital, onde procura-se implementar práticas que assegurem a *confidencialidade*, que visa garantir que a informação seja acessada somente por pessoas autorizadas; a *integridade*, onde garante-se que a informação não seja violada; a *disponibilidade*, que libera a informação para as pessoas autorizadas; e *autenticidade*, que valida a identidade e a segurança da origem da informação (KEINERT e CORTIZO, 2018).

A ANS é o órgão nacional que estabelece medidas de segurança, além de organizações e leis internacionais como a *Health Insurance Portability and Accountability Act* (HIPPA), que estabelece normas para assegurar o controle das informações detidas por organizações de saúde.

A ANS estabeleceu um padrão obrigatório para Troca de Informações em Saúde Suplementar (TISS) como forma de colaborar no quesito segurança, sendo um dos seus componentes justamente o da segurança e privacidade, que prevê os requisitos para proteção dos dados (ANS, 2019).

Segundo Anderson (2001), a segurança da informação deve ir além de medidas técnicas como, por exemplo, os modelos de controle de acesso, protocolos e criptografia. Sharma *et al.* (2012) afirmam que a confiabilidade das pessoas envolvidas é um dos principais fatores no levantamento de riscos em segurança da informação.

Na 14ª Conferência Nacional de Saúde (CNS, 2012) do SUS, os temas privacidade, sigilo e confidencialidade das informações em saúde ainda não tinham sido contemplados na diretriz 12, destinada a construir uma Política de Informação e Comunicação.

Os quesitos confidencialidade, sigilo e privacidade da informação de saúde pessoal foram estabelecidos como direito de todo indivíduo na Política Nacional de Informação e Informática em Saúde (PNIIS, 2016).

A Lei N 13.709, de 14 de agosto de 2018, a chamada Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), que altera a Lei Nº. 12.965, de 23 de abril de 2014 (Marco Civil da Internet), foi sancionada pelo então Presidente da República Michel Temer e entrará em vigor em 16 de agosto de 2020, dispondo sobre o tratamento de dados pessoais, com base nos direitos

fundamentais de liberdade e de privacidade e no livre desenvolvimento da personalidade da pessoa natural. Foi inspirada no regulamento europeu geral sobre a proteção de dados (RGPD) (*General Data Protection Regulation* – EU 2016/679, ou GDPR, na sigla em inglês) (BRASIL, 2018).

A LGPD tem por objetivo consolidar princípios e normas dispersas com fundamentos como o respeito à privacidade; a autodeterminação informativa; a inviolabilidade da intimidade, da honra e da imagem; a livre-iniciativa, a livre concorrência e a defesa do consumidor; a liberdade de expressão, de informação, de comunicação e de opinião; o desenvolvimento econômico e tecnológico e a inovação; e os direitos humanos, o livre desenvolvimento da personalidade, a dignidade e o exercício da cidadania pelas pessoas naturais (BRASIL, 2018).

Com isso, há uma série de medidas que deverão ser adotadas pelas empresas, incluindo o conhecimento das exigências impostas pela LGPD, o aprimoramento da sua estrutura digital e a formação de uma equipe especializada na área. Isso significa que qualquer informação relacionada a pessoa que pode ser utilizada para identificá-lo, por exemplo: nome, documentos, fotos, e-mail, posts em mídias sociais, informações médicas, incluindo, mas não limitado a contatos de clientes, funcionários, contratados, etc. deverão ser protegidos pela empresa que os detiver (BRASIL, 2018).

A lei separa duas categorias de dados: os dados “pessoais” e os dados “sensíveis”. Os dados pessoais são informações como o nome, a idade, o endereço eletrônico (e-mail), etc. Os dados sensíveis são os que relatam características que possam levar à eventual discriminação daqueles que as carregam, tais como raça, religião, opção sexual, dentre outros (BRASIL, 2018).

Caso haja falha na segurança as empresas poderão ser penalizadas com multas simples ou diárias de até 2% do faturamento líquido do último ano, limitado a R\$50 milhões, por infração, além de outras penalidades. As empresas deverão se adequar de acordo com os 10 princípios para o tratamento de dados pessoais (Art. 6º) da LGPD, como exposto no Quadro 1.

Quadro 1 – Os 10 princípios para o tratamento de dados pessoais.

Princípio	Descrição
Finalidade	Propósitos legítimos, específicos e informados ao titular.
Adequação	Compatibilidade do tratamento com a finalidade informada.
Necessidade	Utilização dos dados mínimos necessários para o tratamento, de acordo com a finalidade.
Livre acesso	Acesso fácil e gratuito aos dados tratados, bem como à forma e duração do tratamento.
Qualidade dos dados	Dados exatos, claros, relevantes e atualizados (de acordo com a necessidade e para o cumprimento da finalidade).

Transparência	Informações claras, precisas e acessíveis aos titulares dos dados.
Segurança	Medidas técnicas e administrativas para proteção dos dados pessoais.
Prevenção	Adoção de medidas para prevenir a ocorrência de eventuais danos em virtude do tratamento de dados.
Não discriminação	Proibição de realização do tratamento para fins discriminatórios, ilícitos ou abusivos.
Responsabilização e prestação de contas	Adoção de medidas eficazes e capazes de comprovar o atendimento

Fonte: Brasil (2018) elaborado pela autora com base no Art. 6º da LGPD

Na Saúde, muito se tem discutido a respeito da LGPD em pesquisas clínicas principalmente, devido ao uso de informações pessoais e clínicas.

A Lei Federal Nº. 8.080/1990, que regulamenta o direito à saúde, inclui o direito à informação do cidadão e o dever do Estado de fundamentar suas políticas e ações em informações sanitárias e evidências científicas, legitimando a coleta e uso de informações pessoais, porém as instituições deverão se adequar às exigências da LGPD (BRASIL, 1990).

A principal mudança que a LGPD traz é que os dados pessoais só poderão ser coletados com a autorização do usuário. Assim, todos os dados que as empresas possuem de uma pessoa deverão ter permissão dela para serem utilizadas e não só as informações digitais como também as informações registradas em papel. Empresas deverão também nomear um responsável interno para proteção dos dados ou terceirizar a gestão de segurança de informação. As empresas especializadas contratadas poderão ser responsabilizadas por quebras de segurança do sistema, assim como o contratante (VAINZOF, FREIRE, OLIVEIRA, 2019).

Talvez a mudança mais significativa que a lei de proteção de dados traga é que o indivíduo tenha o controle total de seus dados, é ele quem deve definir e permitir ou não o acesso às suas informações.

3 Proteção radiológica

A proteção radiológica é um dos pilares desse projeto. Nesse tópico serão discutidos os principais fatores envolvidos no contexto da proteção radiológica, sobretudo voltado ao usuário do sistema de saúde (paciente), visto que os esforços em proteção sempre estiveram voltados para os indivíduos ocupacionalmente expostos. Os fundamentos de proteção radiológica, as doses de radiação, as normas e os demais conceitos relevantes para o projeto serão abordados a seguir.

3.1 Definições

A Proteção Radiológica (PR) pode ser definida como um conjunto de medidas que tem por objetivo proteger o homem e o ecossistema de possíveis efeitos indesejáveis causados pelas radiações ionizantes (CNEN, 1998).

Para isso ela analisa os diversos tipos de fontes de radiação, as diferentes radiações e modos de interação com a matéria viva ou inerte, as possíveis consequências e sequelas à saúde e riscos associados (IAEA, 2004).

A PR é baseada em três pilares: justificção, otimização e limitação.

3.2 Justificção

Os objetivos da proteção contra as radiações são a prevençao ou a diminuio dos seus efeitos somáticos e a reduçao da deterioraçao genética dos povos, onde o problema das exposioes crônicas adquire importância fundamental.

Considera-se que a dose acumulada num período de vários anos seja o fator preponderante, mesmo que as doses intermitentes recebidas durante esse período sejam pequenas.

A ideia é que o benefício da utilização de radiação seja maior que o prejuízo ao utilizá-la. Toda exposioe à radiação ionizante pode levar a algum risco de danos à saúde humana e este risco aumenta com o aumento da exposioe. Consequentemente, qualquer aplicao da radiação que conduza a um aumento da exposioe do homem deve ser justificada, para garantir que o benefício decorrente dessa aplicao seja mais importante que o risco devido ao aumento à exposioe (IAEA, 1996).

3.3 Limitação de dose

O princípio da limitação de dose representa um valor máximo de dose abaixo do qual os riscos decorrentes da exposioe à radiação são considerados aceitáveis. No caso das radiações ionizantes, são estabelecidos limites de dose anuais máximos admissíveis (LAMA), que são valores de dose aos quais os indivíduos podem ficar expostos, sem que isto represente uma alta probabilidade em resultar em um dano à sua saúde, durante toda sua vida. Para o

estabelecimento dos limites máximos admissíveis para trabalhadores foram considerados os efeitos somáticos tardios, principalmente o câncer (KNOLL, 2000).

Existem duas situações em que as pessoas podem estar sujeitas às radiações ionizantes:

- a) situação normal: situação em que a fonte radiativa está controlada e a exposição pode ser limitada com o emprego de medidas adequadas de controle.
- b) situação anormal ou acidental: situação em que se perde o controle sobre a fonte de radiação e a exposição, portanto, deve ser limitada unicamente com medidas corretivas.

3.4 Otimização

O princípio da otimização estabelece que “todas as exposições devem ser mantidas tão baixas quanto razoavelmente exequíveis”. É comum enunciar este princípio por sua sigla em inglês: ALARA: *As Low As Reasonably Achievable* (ICRP, 1994).

Para avaliar quantitativa e qualitativamente esses possíveis efeitos, necessita-se definir as grandezas radiológicas, suas unidades, os instrumentos de medição e detalhar os diversos procedimentos do uso das radiações ionizantes (SEERAM, 2011).

O estabelecimento de normas regulatórias, os limites permissíveis e um plano de PR para as instalações que executam práticas com radiação ionizante têm por objetivo garantir o seu uso correto e seguro.

Procedimentos para situações de emergência também devem ser definidos para o caso do desvio da normalidade de funcionamento de uma instalação ou prática radiológica (MAZZILLI, 2002).

Os conceitos, procedimentos, grandezas e filosofia de trabalho em proteção radiológica são continuamente detalhadas e atualizadas nas publicações da *International Commission on Radiological Protection*, (ICRP) e da *International Commission on Radiation Units and Measurements* (ICRU), que cuida das grandezas e unidades, seu processo de aperfeiçoamento e atualização (IAEA, 2004).

Os conceitos contidos nas publicações da ICRP e ICRU constituem recomendações internacionais. Cada país, pode ou não os adotar parcial ou totalmente, quando do estabelecimento de suas Normas de Proteção Radiológica. Tudo depende do estágio de desenvolvimento do país, da capacidade ou viabilidade de execução, em cada área de aplicação. Um resumo das doses é mostrado na Tabela 2, que exemplifica, por meio de exames de TC, a dose efetiva que o paciente deve receber (CNEN, 1998).

Tabela 2 - Resumo da dose efetiva que um cidadão pode receber durante um exame de Tomografia Computadorizada (TC).

Área do corpo exposta	Dose efetiva (mSv)
abdome	3,1 – 16, 1
pelve	6 – 15,7
crânio	0,9 – 7,9
tórax	2,3 – 12,9

Fonte: Adaptado de UNSCEAR, 2008.

3.5 Legislação

Todo estabelecimento de saúde que utiliza radiação em seus procedimentos diagnósticos ou terapêuticos deve seguir normas e estar de acordo com a legislação vigente para segurança dos colaboradores, pacientes e do meio ambiente em geral. No Brasil, as normas de proteção radiológica são regulamentadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) ou pela Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde.

A CNEN é uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). Foi criada em 1956 e é estruturada pela Lei 4.118, de 27 de agosto de 1962, para desenvolver a Política Nacional de Energia Nuclear. A CNEN estabelece as normas e os regulamentos em radioproteção e “é responsável por regular, licenciar e fiscalizar a produção e o uso da energia nuclear no Brasil” (CNEN, 2018).

A “Norma CNEN-NN-3.01, 2011 - DIRETRIZES BÁSICAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA” determina os requisitos básicos de proteção radiológica das pessoas em relação à exposição à radiação ionizante, assim como as práticas de manuseio, posse, produção, utilização de fontes, além de transporte, armazenamento e deposição de materiais radioativos, abrangendo todas as atividades relacionadas que envolvam ou possam envolver exposição à radiação ionizante (CNEN, 2011).

Esta também especifica os requisitos que se aplicam às exposições ocupacionais, exposições médicas e exposições do público, tanto em exposições normais como excepcionais.

A Tabela 3 mostra a exposição normal dos indivíduos e deve ser restringida de forma que nem a dose efetiva nem a dose equivalente nos órgãos ou tecidos de interesse excedam o limite de dose. É importante salientar que esses limites de dose não se aplicam às exposições médicas.

Tabela 3 - Limites de doses máximas anuais para o trabalhador e público em geral

Grandeza	Órgão	Dose Máxima de Radiação	
		Indivíduo ocupacionalmente exposto (mSv)	Indivíduo do público (mSv)
Dose efetiva	Corpo inteiro	20	1
Dose Equivalente	Cristalino	20	15
	Pele	500	50
	Mãos e pés	500	--

Fonte: Adaptado da CNEN, 2011.

A Portaria N° 453:98, do Ministério da Saúde, regulamenta as práticas de radiodiagnóstico médico e odontológico e estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica nesses serviços, também discorre sobre o uso dos raios X diagnósticos em todo território nacional, entre outras providências. Esta Portaria é um conjunto de normas que visa a Proteção Radiológica no Diagnóstico Médico e Odontológico.

O Capítulo 2 estabelece os princípios básicos como:

- a) Justificação da prática e das exposições médicas individuais;
- b) Otimização da proteção radiológica;
- c) Limitação de doses individuais;
- d) Prevenção de acidentes (BRASIL, 1988).

3.6 Efeitos biológicos da radiação X

De acordo com Okuno (1998), na interação da radiação com a matéria ocorre transferência de energia, podendo provocar ionização e excitação dos átomos e moléculas causando alterações em sua estrutura, por vezes temporárias, por vezes permanente, podendo danificar o DNA, considerado o dano mais importante que pode ocorrer.

Quando a radiação ionizante atravessa a matéria, parte da sua energia é depositada no material atravessado, como resultado da interação. A ionização resultante provoca alterações químicas nas células irradiadas que potencialmente podem levar a danos biológicos (UNSCEAR, 2001).

Todos os efeitos das radiações ionizantes no tecido biológico podem ser entendidos ao saber que a radiação ionizante afeta moléculas dentro das células, particularmente as moléculas de DNA (MAZZILLI, 2002).

As células possuem moléculas de DNA longas e duplas helicoidais contendo códigos químicos denominados códigos genéticos que regem a função e os processos realizados pela célula. O dano ao DNA consiste em rupturas nas ligações químicas ou em outras mudanças nas características estruturais da cadeia de DNA, levando a mudanças no código genético (BIRNBAUM, 2008).

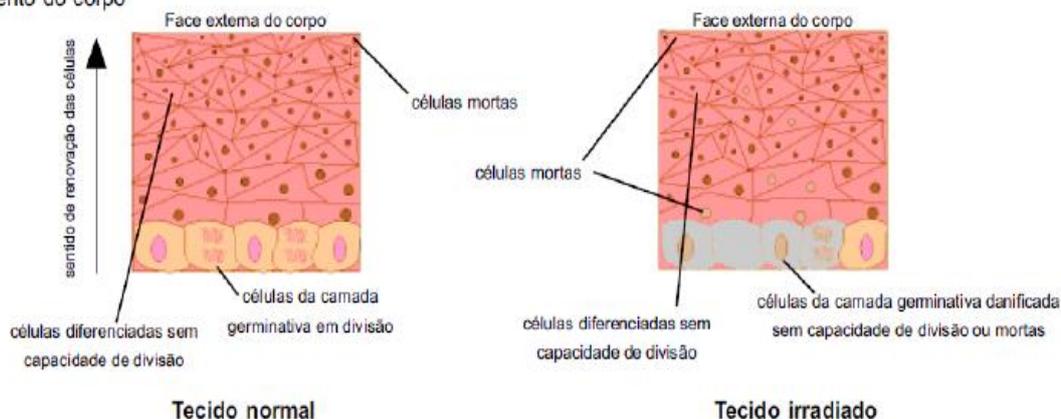
Segundo Sanches (2002), o DNA contém códigos que verificam quando e se o DNA está danificado e se pode se consertar. Essa habilidade de reparo do DNA é de extrema importância para manter a integridade do código genético (NATALE, 2005) e para o funcionamento normal de todo o organismo, deve estar sempre ativo e precisa responder rapidamente.

De acordo com Nouailhetas (1999), a taxa de reparo do DNA depende de vários fatores, como o tipo de célula e a idade da célula. Uma célula com capacidade danificada para reparar o DNA, potencialmente induzida por radiação ionizante, pode levar a um dos seguintes procedimentos: i) a célula pode entrar em um estado de dormência irreversível, conhecida como senescência; ii) a célula pode desencadear a apoptose, conhecido como morte celular programada; iii) a célula pode entrar na divisão celular não regulada, levando a tumores e cânceres (OKUNO, 1998).

Quando uma lesão no DNA resultar na quebra da molécula, a célula passa a ter dificuldade em dividir o material genético entre as células filhas, que podem morrer após uma ou duas divisões subsequentes, como nos mostra a Figura 9. Assim, quanto menor a diferenciação celular maior a probabilidade de indução de morte por ação das radiações ionizantes (GINJA e FERREIRA, 2002).

Figura 9 - Imagem representativa do efeito das radiações na pele

Exemplo: camada de células do revestimento do corpo



Fonte: UFPI, 2010

Em determinados casos, os efeitos biológicos causados pela radiação ionizante apresentam características de reversibilidade. Quando são induzidas alterações funcionais, estas são temporárias, seguindo-se uma restauração praticamente total (OKUNO, 1998).

Okuno (2013) afirma que os efeitos biológicos são uma resposta natural do organismo a um agente agressor, não sendo necessariamente, uma doença, já que os efeitos das interações das radiações ionizantes com as células podem surgir de forma direta, danificando uma macromolécula, ou de forma indireta, interagindo com o meio e produzindo radicais livres.

3.7 Tipos de dose de radiação

A literatura reporta variados tipos de dose de radiação que um paciente pode tomar ou um equipamento emitir.

Para melhor entendimento deste trabalho, algumas definições se fazem necessárias a respeito dos limites de exposição e da fundamentação teórica do assunto.

O estudo da dose é importante pois é um conceito amplamente utilizado para o desenvolvimento do sistema *mobile* deste projeto.

O protótipo do sistema *mobile*, intitulado Sirius, terá por objetivo realizar os cálculos de dose estimada acumulada durante o ano de cada paciente. Cada tipo de dose tem sua importância dentro do sistema de dosimetria e o Sirius utilizará a dose efetiva, por ser a adotada pela maioria dos autores por ser a dose que pondera a dose absorvida pelo tecido e o risco biológico associado à exposição. Essas doses serão definidas a seguir, para melhor entendimento.

3.7.1 Dose absorvida

A dose absorvida pode ser definida como a energia absorvida de radiação por unidade de massa de qualquer material. Os danos provocados pela radiação nos tecidos vivos dependem da absorção da energia irradiada. Quanto maior a dose absorvida maiores serão as chances de danos causados pela radiação. Sua unidade de medida é o *gray* (Gy) (GARCIA, 1997; DIMENSTEIN; HORNOS, 2013).

3.7.2 Dose equivalente

É o valor médio da dose absorvida em um tecido ou órgão, obtido sobre todo o tecido ou órgão. A dose equivalente relaciona o dano biológico com as doses de radiação. A quantidade de dose absorvida depende do tipo de tecido irradiado (W_t), do tipo de radiação (W_r) e da energia de radiação incidente.

A unidade de medida da dose equivalente é o *Sievert* (Sv). A ICRP 103 de 2007 fornece os valores de fatores de peso (W_t) da radiação atualizados (GARCIA, 1997; DIMENSTEIN, HORNOS, 2013). O valor da dose equivalente é calculado pela Equação 1:

$$H = (D) (QF) (DF) \quad (1)$$

Onde:

D = dose absorvida

QF = fator de qualidade da radiação

DF = fator de distribuição da radiação

3.7.3 Dose efetiva

Segundo as normas brasileiras e internacionais (CNEN, 2005 e ICRP, 2007) a dose efetiva E é a soma ponderada das doses equivalentes em todos os tecidos e órgãos do corpo. No Sistema Internacional de Unidades, a dose efetiva é expressa em J/kg, mas recebe o nome especial de *Sievert* (Sv) e é expressa pela Equação 2:

$$E = \sum_T w_T \cdot H_T \quad (2)$$

Onde:

w_T = fator de peso do tecido T,

H_T = dose equivalente a ele atribuída

$$\sum W_T = 1 \text{ (ICRP 103, 2008).}$$

4 Gerenciamento de Processos de Negócios

O gerenciamento do processo de negócio ou BPM (do inglês *Business Process Management*) foi escolhido como ferramenta para esse projeto por ter as funções de organizar e entender todo o processo de atendimento do usuário em questão (paciente) desde a consulta com o médico até o processo final de inclusão dos dados no sistema *mobile* Sirius.

4.1 Definições de BPM e BPMN

Gerenciamento de processos de negócio ou, como é mais conhecido BPM, é uma nova forma de visualizar as operações de negócio indo além das estruturas funcionais tradicionais. (PBM CBOOK, 2013, p.33).

O BPM é uma ótima oportunidade para se conhecer a organização de forma aprofundada e verificar se a atividade fim é realizada de forma que possa trazer mais benefícios para a organização e para os clientes, trazendo a redução de custo e aumento de competitividade.

Jacobs e Costa (2012) afirmam que o conceito de BPM consiste num conjunto de atividades que são desenvolvidas de forma coordenada entre o ambiente técnico e o ambiente organizacional, ajudando assim a organização a atingir suas metas.

Para Cruz (2010), BPM é o conjunto formado por metodologias e tecnologias com objetivo de fazer com que os processos de negócio integrem clientes, fornecedores, parceiros, influenciadores, funcionários e todo e qualquer elemento que com eles possam, queiram ou tenham que interagir, de forma lógica e cronologicamente, possibilitando que a organização tenha uma visão global e integrada do ambiente interno e externo das todas as suas operações e das atuações de cada participante em todas as etapas dos processos de negócio.

Di Sordi (2008) enfatiza que a gestão dos processos de negócios é um tema muito relevante para as organizações, sejam elas, privadas, entidades governamentais ou organizações não governamentais (ONGs) sem fins lucrativos, já que todas as organizações estão em busca de melhoria de desempenho. Para o autor, os principais recursos empregados nos BPM são: recursos humanos, estrutura organizacional, políticas e regras, tecnologia da informação e comunicação e conhecimento.

Segundo Valle *et al.* (2006), os processos organizacionais envolvem a descoberta, projeto e entrega de processos de negócios. Havey (2005) ressalta que além da formalização de processos e pontos críticos de um ambiente de negócio, o BPM auxilia na automatização do fluxo de processos, tornando-os mais eficientes e aumentando sua produtividade.

De acordo com Caetano *et al.* (2012), Holt e Perry (2010) e Aguilar Savén (2004), a modelagem de processos está se tornando cada vez mais popular por que traz descrições abstratas de processos de negócio, o que a torna um bem fundamental para as organizações, permitindo a identificação da complexidade, auxilia a compreensão de documentos, melhora a comunicação bem como realiza análise e engenharia por meio de diversos paradigmas, linguagens e técnicas.

As empresas possuem processos muito complexos e podem ser numerosos, tornando-se pertinente um meio de descrever o comportamento dos processos em um quadro geral. Essa visão detalhada dos processos é importante para compreender o fluxo das tarefas em detalhes no processo de negócio (LODHI *et al.*, 2009).

Um modelo pode fornecer uma visão abrangente de um processo, permitindo que uma organização possa ser analisada e integrada através de seus conjuntos de processos, de onde decorre a importância de os modelar corretamente, transformando-os em representações formais (AGUILAR SAVÉN, 2004; SMIRNOV *et al.*, 2009).

Para Holt e Perry (2010), a representação gráfica contida num modelo de processo não só mostra as atividades e departamentos de um sistema e as relações entre eles, como também o que o sistema parece e o que ele faz, porém não como faz.

Os modelos de processos de negócio são desenvolvidos utilizando-se metodologias ou linguagens de modelagem, conhecidas como técnicas ou notações de modelagem (ZUR MUEHLEN, INDULSKA, 2010; WESKE, 2007). Estudos mostram que a notação BPMN (*Business Process Modeling Notation*) é a mais usada entre os pesquisadores e analistas para representar graficamente os processos de negócio (CARDOSO, AALST, 2009).

Dessa forma, é certo afirmar que é de grande importância e utilidade mapear os processos nas empresas e o BPMN é a técnica responsável por direcionar a forma e os padrões para se mapear os processos de negócio.

A notação BPMN é um padrão para a modelagem de processos. É uma técnica específica com o objetivo de definir e documentar processos de negócios com padrões bem definidos (BPMN, 2007).

De acordo com Valle e Oliveira (2012), o BPMN foi criado inicialmente como uma evolução das experiências anteriores pelo BPMI (*Business Process Management Initiative*). Foi incorporado pela OMG (*Object Management Group*) após a fusão entre essas entidades, ocorrida em 2005. É ainda, o resultado de um acordo entre diversas empresas de ferramentas de modelagem, que possuíam até então, suas próprias notações, com a finalidade de criar uma linguagem única e padrão para a modelagem de processos de negócio capaz de facilitar o entendimento e treinamento do usuário final (VALLE, OLIVEIRA, 2012).

Para White (2004) um dos desafios do BPMN é criar mecanismos simples para a construção de processos de negócio, apesar de lidar com a complexidade inerente aos processos de negócio.

O BPMN pretende levar, para a equipe de negócios, modelos significativos, tanto para usuários de alto nível, bem como para implantadores do processo (BPMN, 2007). Através dos padrões pré-estabelecidos no BPMN, é possível acompanhar, otimizar, ampliar os recursos de modelagem e ainda fazer um mapeamento das linguagens de alto nível e linguagens de execução.

O objetivo da modelagem segundo Pavani Junior e Scucuglia (2011) é representar graficamente, por meio de fluxos ou diagramas, um processo a ponto de ser compreendido por todas as partes interessadas dentro da empresa.

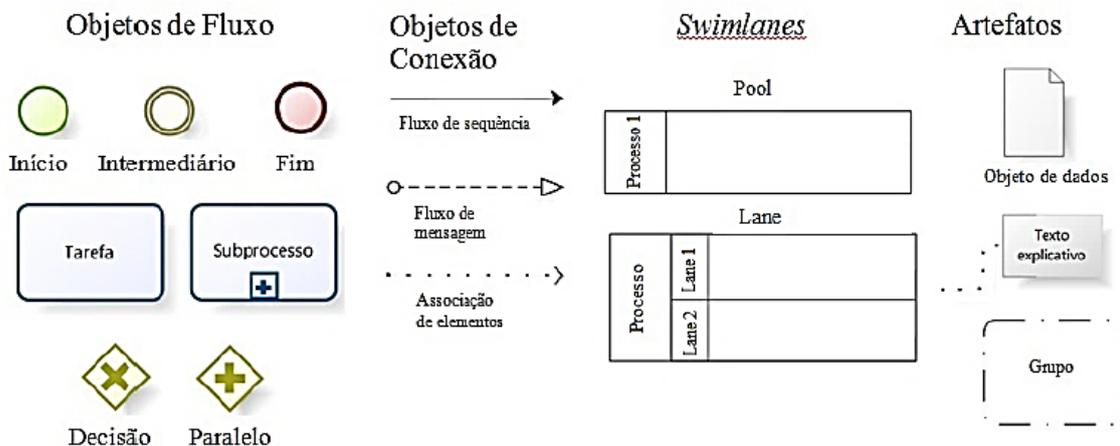
O BPMN possui apenas um modelo de diagrama, conhecido como BPD (*Business Process Diagram*), ou em português DPN (Diagrama de Processo de Negócio). Por meio dele é possível fazer o desenho de inúmeros tipos de modelagem de processos. White (2010) acredita que a definição de cada símbolo do diagrama em BPMN é semelhante à de outros diagramas de fluxos de modelagem de processos, como os tradicionais fluxogramas.

Reis (2008) complementa que a notação tem por objetivo coletar o melhor dos mapeamentos de processos e criar um modelo de fácil entendimento para todos os profissionais envolvidos na criação, implementação e controle de processos, não importando suas posições gerenciais ou até mesmo sua formação acadêmica.

Reis (2008) ainda afirma que por meio da notação BPMN a troca de informações passa a não sofrer variações e utiliza uma única linguagem. O BPMN conta com quatro principais elementos utilizados na modelagem, são eles: atividades, eventos, *gateways* (decisões) e sequência de fluxos ou rotas (Figura 10). Através desses quatro elementos pode-se obter modelos de processos completos, tornando assim o BPMN uma ferramenta fácil e simples.

A ferramenta *Bizagi Modeler*® é uma ferramenta para diagramação de processos em BPMN, definição de regras de negócio, interface do usuário, otimização e balanceamento de carga de trabalho, indicadores de desempenho de processos, monitoramento de atividades, além de permitir fluxos de trabalho (PERILLO JÚNIOR, 2014).

Figura 10 - Elementos básicos do BPMN para modelagem de processos



Fonte: Amarilla, Iarozinski Neto, 2018

Para esse projeto surgiu a necessidade de criar um mapeamento de todo o caminho do usuário (paciente) em clínicas e hospitais, para então criar uma modelagem de como seria o uso integrado do Sistema *mobile* Sirius e de como se daria esse processo e como o Sirius seria integrado ao processo de funcionamento de clínicas e hospitais. Após o mapeamento do processo atual mostrando o caminho do usuário (paciente) desde a consulta até a realização de exames médicos foi realizado a modelagem do processo de como seria esse paciente utilizando ao final o Sirius e como se daria esse uso.

2 METODOLOGIA

A pesquisa qualitativa tem como base a interpretação e atribuição de significados à fenômenos, onde os dados são principalmente descritivos, com objetivo de descrever criteriosamente os fatos e fenômenos de determinada realidade, de forma a obter informações a respeito daquilo que já se definiu como problema a ser investigado (TRIVIÑOS, 2008).

Com isso, foi desenvolvido um protótipo de aplicativo como ferramenta para o gerenciamento de informações radiológicas da exposição de usuários (pacientes) à radiação em procedimentos diagnósticos e terapêuticos por imagem no sistema de saúde no Brasil visando um possível controle epidemiológico.

O método utilizado foi um estudo descritivo-explicativo, com abordagem qualitativa. A pesquisa descritiva tem por objetivo descrever as características de uma população, de um fenômeno ou de uma experiência (BARROS e LEHFELD, 2007). Busca estabelecer a relação entre as variáveis no objeto de estudo analisado. Variáveis relacionadas à classificação, medida e/ou quantidade que podem se alterar mediante o processo realizado (SEVERINO, 2007). A pesquisa explicativa explica a razão, o porquê dos fenômenos, uma vez que aprofunda o conhecimento de uma dada realidade. Este tipo de pesquisa geralmente utiliza as formas relativas à pesquisa experimental e ao final, parte-se para a prática, visando à interferência na própria realidade (LAKATOS E MARCONI, 2011).

As seguintes etapas da metodologia foram definidas:

2.1 Etapa 1

Foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o cenário do sistema de saúde no Brasil, tendo em vista a proteção radiológica, de forma a avaliar como o excesso de exposição das pessoas à radiação ionizante pode ser prejudicial à saúde dentro do contexto do SUS) e da Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS).

Os instrumentos de coleta de dados da pesquisa foram a revisão bibliográfica, assim como a utilização de bibliometria capaz de identificar a relevância e atualidade do tema no Brasil e no mundo.

Foi realizado um estudo bibliométrico para levantamento dos dados acerca de rastreamento da exposição de pacientes à radiação, visando analisar se o tema é relevante e atual.

Para avaliação do tamanho do problema levantado a respeito das exposições à radiação fez-se necessário conhecer o número de equipamentos disponíveis no país assim como sua utilização, tendo sido levantados também os principais procedimentos médicos que utilizam radiação ionizante de forma a caracterizar os riscos associados a ela.

As buscas foram realizadas no Portal CAPES em maio de 2018 utilizando as palavras chaves em inglês *“Patient Radiation Exposure Tracking”* AND *“exposure radiation”* AND

“*dose monitoring*” NOT “*occupationally*”. Utilizou-se o “AND” para esta busca, de forma a combinar as três opções e adicionalmente “NOT” para excluir os artigos que contenham a expressão “*occupationally*” para focar o máximo possível no paciente (Quadro 2). No campo “tópico” foi selecionada a seguinte expressão: “*Radiation exposure*”, que recupera documentos que contenham a expressão de busca no título, *abstract* e palavras-chave.

Foram realizadas pesquisas em três bases de dados do Portal de Periódicos da Capes, com os mesmos termos, sendo encontrados 18 artigos na base *ScienceDirect Journals* (*Elsevier*), 36 artigos na base *Science Citation Index Expanded* (*Web Of Science*) e 40 artigos na base *MEDLINE/PubMed* (*NLM*), totalizando 94 artigos, que foram exportados para serem analisados no *software EndNote®*.

Quadro 2 - Estratégia de busca

Base	Palavras
<i>ScienceDirect</i> (<i>Elsevier</i>)	“ <i>Patient Radiation Exposure Tracking</i> ” AND “ <i>exposure radiation</i> ” AND “ <i>dose monitoring</i> ” NOT “ <i>occupationally</i> ”
<i>MEDLINE/ PubMed</i>	“ <i>Patient Radiation Exposure Tracking</i> ” AND “ <i>exposure radiation</i> ” AND “ <i>dose monitoring</i> ” NOT “ <i>occupationally</i> ”
<i>Web Of Science</i>	“ <i>Patient Radiation Exposure Tracking</i> ” AND “ <i>exposure radiation</i> ” AND “ <i>dose monitoring</i> ” NOT “ <i>occupationally</i> ”

Fonte: Da própria autora

2.2 Etapa 2

Foi realizada revisão da literatura a respeito das doses médias de radiação em cada tipo de exame realizado, as doses máximas permitidas pelas normas e regulamentações nacionais e internacionais, assim como as limitações de doses por tipo de tecido e região anatômica.

A pesquisa foi realizada nas mesmas bases de dados citadas anteriormente, usando as seguintes palavras-chave: “limites de exposição”, “doses máximas permitidas”, “normas”, “doses de radiação” e “dose efetiva” e retornou dados relevantes que foram analisados no transcorrer do trabalho.

Foram levantados dados relacionados à forma como estão sendo realizados estudos acerca da proteção contra as radiações, seus sistemas de informação e procedimentos de proteção e, principalmente, se há e de que forma está sendo realizada a gestão dessa problemática no Brasil e no mundo.

Foram pesquisados ainda sistemas de informação, sistemas de informação em saúde, sistemas de informação em radiologia, sistemas de informação hospitalar e sistema de informação relacionados a doses de radiação.

2.3 Etapa 3

Para responder à questão-problema foi desenvolvido o protótipo de um aplicativo *mobile* previsto no processo proposto que registra os dados de radiação a que o usuário (paciente) é exposto em procedimentos que envolvem exposição radiológica.

Foi necessário delinear o caminho que o usuário percorre desde o atendimento médico em consultórios, clínicas, hospitais etc., até a realização de exames radiológicos e a inserção desses dados no sistema *mobile* SÍRIUS.

Essas informações levantadas foram discutidas com a equipe de desenvolvimento do protótipo liderada pelo Prof. Dr. Marcelo Duduchi Feitosa, docente do Mestrado Profissional do Centro Paula Souza e alunos do curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas da Fatec-SP a fim de discorrer sobre o desenvolvimento, os atores principais de utilização dele, casos de uso, as telas do *software*, funcionamento, logomarca, entre outros.

A especificação dos requisitos funcionais do aplicativo foi realizada a partir da descrição dos casos de uso previstos.

Foi elaborado o “Caso de Uso” do *software* a fim de descrever a funcionalidade proposta para o novo sistema que está sendo projetado. É uma ferramenta para o levantamento das principais ações possíveis do sistema em questão.

O Caso de Uso foi elaborado pela própria autora e depois foi aperfeiçoado pela equipe de desenvolvimento do *software*. O Quadro 3 mostra o caso de uso inicial para sistema *mobile* SÍRIUS.

Quadro 3 - Casos de Uso do SÍRIUS

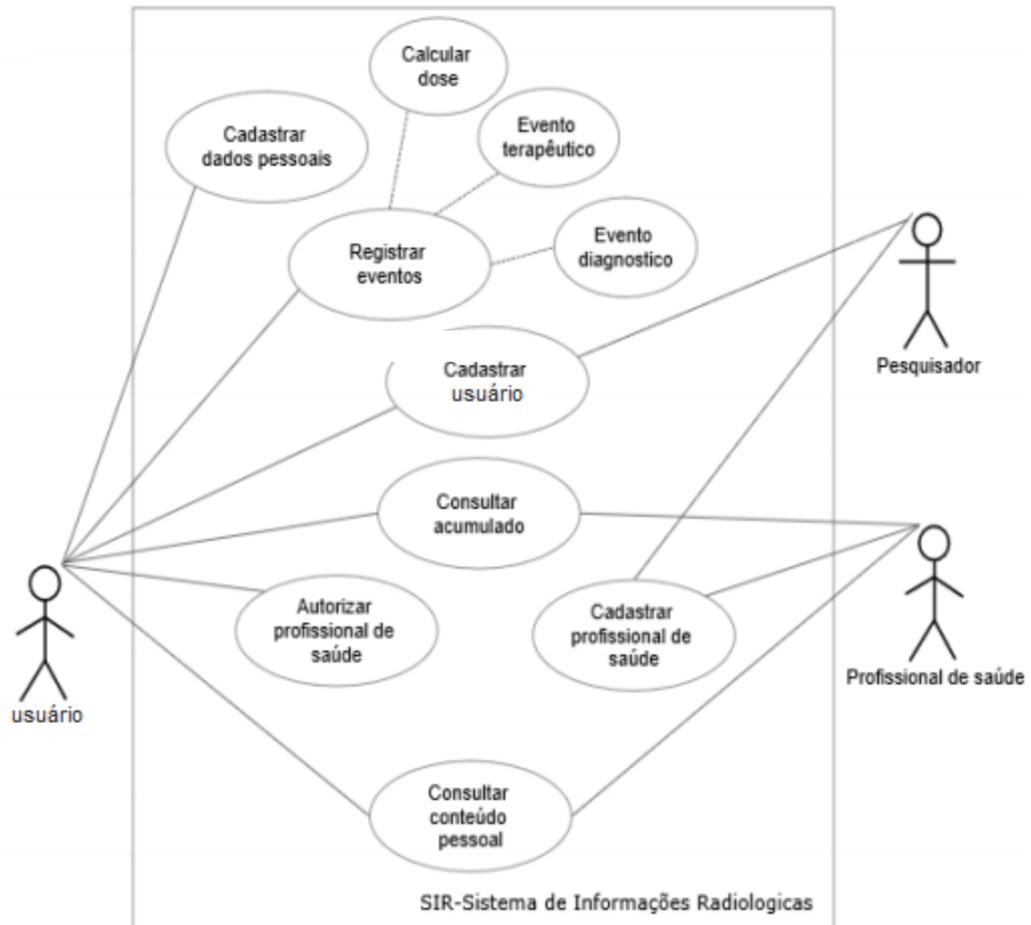
Usuário comum (Cidadão):	
Primeira Etapa: Cadastra Dados pessoais	<input type="checkbox"/> Cadastra dados pessoais e login e senha (data de nascimento, sexo etc.)
Segunda etapa: Registra evento	<input type="checkbox"/> Evento terapêutico: insere informações de radioterapia/cirurgia (etc.) realizado, dose, com data, região anatômica etc.
	<input type="checkbox"/> Evento Diagnóstico: insere informações de exames médicos realizados (etc.), dose, data, região anatômica etc.

Terceira etapa:	<input type="checkbox"/> Consulta acumulado pessoal
Quarta etapa:	<input type="checkbox"/> Autoriza acesso do profissional de saúde
Usuário: Médico	
Primeira Etapa:	<input type="checkbox"/> Entra no sistema >
Segunda Etapa:	<input type="checkbox"/> Cadastra médico, dados pessoais, técnicos e login e senha
Terceira etapa:	<input type="checkbox"/> Consulta doses acumuladas do paciente
Quarta etapa:	<input type="checkbox"/> Pede autorização ao paciente para acessar dados
O Sistema	<input type="checkbox"/> Calcula por meio dos dados inseridos e mostra um relatório de dose para cada exame inserido
	<input type="checkbox"/> <u>Dá opções de relatórios individuais, anuais ou relatório geral para todas as informações inseridas.</u>
	<input type="checkbox"/> Poderá mostrar gráficos indicando a quantidade indicada de dose para cada paciente / região anatômica

Fonte: Da própria autora

Após reuniões com a equipe de desenvolvimento para entender os usuários e funções a equipe criou o primeiro Diagrama de casos de uso do protótipo, mostrando as principais funções de cada usuário do sistema. Posteriormente foram alterados alguns desses usuários e suas funções dentro do Sirius. A Figura 11 mostra o desenvolvimento do primeiro Caso de Uso do projeto.

Figura 11 - Primeiro Caso de Uso do protótipo

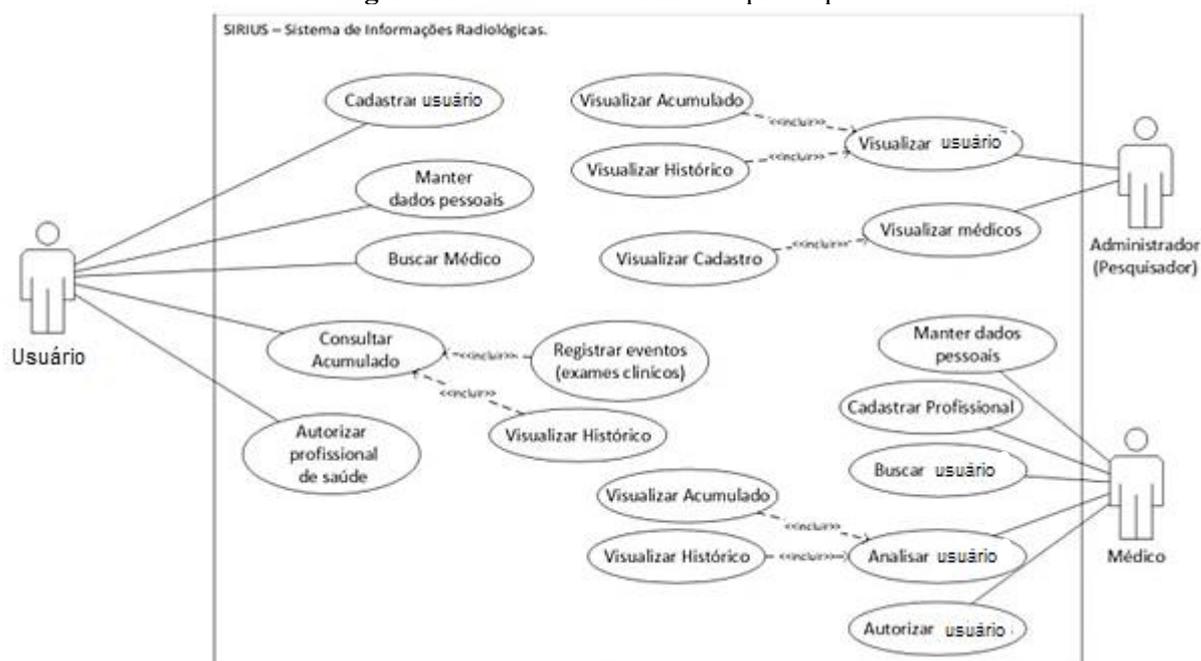


Fonte: Da própria autora

Nas primeiras reuniões com os desenvolvedores foram excluídos os usuários “profissional de saúde e pesquisador”. O protótipo então só possui os usuários “administrador”, “usuário” (paciente) e “médico”. Eles continuam com as mesmas funções mostradas acima, como cadastrar dados pessoais, cadastrar exames, consultar acumulado, permitir o acesso do médico. O usuário administrador possui acesso quase total ao sistema, menos aos dados pessoais do usuário, por questões de segurança e privacidade.

Após análise, discussões acerca dos usuários e demais ajustes foi elaborado o caso de uso final no projeto, mostrado na Figura 12.

Figura 12 - Caso de Uso Final do protótipo



Fonte: Da própria autora

O sistema foi desenvolvido na plataforma *AndroidStudio* em linguagem *Java*, com um conjunto de técnicas de prototipação (papel, descartável e evolutiva) que foram utilizadas para verificação e validação dos requisitos de um sistema de informações. No desenvolvimento do sistema, foram seguidas etapas de projeto, construção, avaliação e refinamento por diversas vezes, o que proveu maior flexibilidade da arquitetura do sistema (OLIVEIRA, FEITOSA, 2019).

Realizou-se ainda a elaboração dos níveis de radiação estimados, sendo divididos em 5 níveis, discutidos na seção de resultados deste trabalho. Foi estabelecido um limite máximo de dose apenas para questão de funcionamento do aplicativo e emissão de alertas ao usuário, visto que não há limites máximos de exposição definidos nas normas para usuários (pacientes).

2.4 Etapa 4

Foram realizados testes no protótipo com simulação de dados de usuários (pacientes), inseridos no sistema a fim de verificar se o funcionamento era apropriado e avaliar como poderá ser realizada a gestão das informações dessas exposições em vários casos diferentes como, por exemplo, pacientes crônicos e crianças e idosos onde a dose de exposição à radiação deve ser menor, entre outras simulações.

Foram realizados outros testes para verificar o funcionamento e corrigir possíveis erros do protótipo, onde o cálculo de doses estimadas deveria ser mostrado, de forma a entender como o usuário iria interagir com o sistema. Diversas simulações foram realizadas e muitas correções de erros se fizeram necessárias durante o seu desenvolvimento.

2.5 Etapa 5

Foram elaborados os mapeamentos dos processos de forma a entender o funcionamento e utilização do protótipo em situações reais de uso, simulando como se daria sua aplicação em clínicas, hospitais e até mesmo na utilização de forma integral e ideal pelo SUS.

Para isso foram elaborados BPMs, ou seja, mapeamentos dos processos de cada situação, sendo definidos os atores e as funções de cada um deles, onde ocorreria a interação entre eles e de que forma se daria a integração entre o protótipo Sirius e os sistemas de clínicas, hospitais e o SUS. Esses processos foram desenhados no *software Bizagi Modeler*®.

2.6 Etapa 6

A avaliação do protótipo foi realizada a partir de alguns critérios descritos a seguir. O protótipo Sirius tem o objetivo de registrar os exames realizados e calcular o nível de exposição do usuário em decorrência desses exames. Ele será a ferramenta utilizada para gestão das doses e rastreamento da exposição do usuário.

Os testes no sistema *mobile* Sirius foram realizados a fim de verificar a factibilidade, usabilidade e utilidade. Foi realizada a verificação de todas as funções pretendidas, como inserção de dados, cálculo de doses e nível, exclusão de dados, permissão de acesso, consulta a níveis, entre outras. Todas as funções pretendidas foram verificadas e todas estão dentro do previsto, portanto, estão validadas do ponto de vista da factibilidade.

A usabilidade também foi analisada, a forma como as funções estão distribuídas dentro do sistema e como o usuário poderia se comportar também foi testada, alguns erros foram corrigidos, erros de botões e funções não funcionais foram corrigidos e posteriormente validados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No desenvolvimento deste estudo foi realizado um levantamento do número de equipamentos relacionados à radiação no país a fim de entender seu tamanho e sua importância do ponto de vista da gestão de doses, para entender qual seria o impacto dessa gestão dentro do sistema da saúde.

Além disso, foi realizado um estudo sobre as doses, tipos e impacto na saúde do paciente, além das doses mais utilizadas e a existência ou não de limites de exposição para o paciente. Todas essas questões foram pesquisadas e organizadas na revisão de literatura e serão discutidas a seguir.

Essa seção ainda discutirá o desenvolvimento do protótipo do sistema *mobile* Sirius que integra o processo proposto neste trabalho e visa registrar e calcular a dose estimada a que o usuário foi submetido, de forma a entender como se dará a gestão das informações radiológicas do usuário (paciente), como o protótipo foi idealizado, desenvolvido, modificado e corrigido para atender às demandas do projeto.

Foram realizados estudos a respeito de potenciais processos (BPM) em que o Sirius poderia estar integrado, como se dá essa integração em clínicas, hospitais e outros estabelecimentos de saúde que ofereçam os serviços de radiologia, desde a consulta onde o médico pede os exames radiológicos até sua realização em um estabelecimento de saúde e o momento em que o paciente insere essas informações no sistema.

Foram ainda realizados testes por simulação no sistema *mobile* (protótipo) Sirius, para verificar o seu funcionamento e corrigir possíveis falhas, onde o cálculo de doses estimada deveria ser mostrado, de forma a identificar como o usuário iria interagir com o sistema.

3.1 Levantamento do número de equipamentos radiológicos no Brasil e quantidade de exames realizados

Atualmente existem no Brasil 95.575 equipamentos de imagem que utilizam algum tipo de radiação, sendo que estão em uso 89.526, tanto em estabelecimentos públicos quanto em privados. Desses, 31.187 equipamentos pertencem ao SUS, sendo que 29.325 estão em uso (CNES/DataSUS, 2019).

Realizando uma análise por finalidade de equipamentos, observa-se que os equipamentos de diagnóstico por imagem que utilizam radiação ionizante também são os presentes em maior número em estabelecimentos não pertencentes ao SUS, conforme mostra a Tabela 4. Foram excluídos da pesquisa os equipamentos que não utilizam radiação.

Tabela 4 - Total de equipamentos de diagnóstico por imagem existentes no sistema público e privado de saúde do Brasil em 2019

Código	Equipamento	Existentes	Em uso	Existentes SUS	Em uso SUS
01	Gama Câmara	774	739	399	384
02	Mamógrafo com Comando Simples	4143	3964	1906	1806
03	Mamógrafo com Estereotaxia ⁵	922	877	385	360
04	Raio X até 100 mA	7942	7465	3983	3699
05	Raio X de 100 a 500 mA	12624	12072	7732	7347
06	Raio X mais de 500mA	3999	3862	2278	2194
07	Raio X Dentário	54173	49982	9318	8538
08	Raio X com Fluoroscopia ⁶	1770	1583	940	880
09	Raio X para Densitometria Óssea	2367	2317	850	828
10	Raio X para Hemodinâmica	931	896	456	433
11	Tomógrafo Computadorizado	4920	4767	2343	2269
17	Mamógrafo Computadorizado	933	916	553	544
18	PET/CT	77	76	44	43
TOTAL		95575	89516	31187	29325

Legenda: PET-CT= Tomografia computadorizada por emissão de pósitrons (do inglês: *Positron Emission Tomography – Computed Tomography* - PET-CT).

Fonte: CNES/Datasus, 2019

Em 2016, foram realizadas 34.426.467 radiografias em usuários da saúde suplementar e mais de 55.523.320 por usuários do SUS, além de 7.315.340 mamografias no setor privado e 4.652.029 no setor público (CNES/DataSUS, 2019).

Um dado importante para o projeto é o número de tomografias computadorizadas (TCs) realizadas do ponto de vista da proteção radiológica, visto que é um exame com dose potencialmente maior que os demais exames.

Em 2014, foram realizadas 5.981.432 TCs no setor privado e 3.679.897 no setor público. Houve um aumento no número de exames de 2014 a 2016, sendo 7.070.954 no setor privado e

⁵ Estereotaxia é uma forma minimamente invasiva de intervenção cirúrgica que usa um sistema de coordenadas tridimensional para localizar pequenos alvos no interior do corpo e para executar nestes alguma atividade, tal como ablação, biópsia, lesão, injeção, estimulação, implante, radiocirurgia etc.

⁶ Fluoroscopia é uma técnica de imagem comumente utilizada na medicina para obter imagens em tempo real em movimento das estruturas internas de um paciente através do uso de um Fluoroscópio.

4.328.496 no SUS (SCHEFFER et. al., 2018). Na Tabela 5 pode-se ver a quantidade de exames de TC realizados entre 2014 e 2016 no país.

Tabela 5 - Quantidade de exames radiológicos realizados entre 2014 e 2016 pelo SUS e setor privado

	Saúde suplementar			SUS		
	Exames	Usuários	Densidade	Exames	Usuários	Densidade
Tomografia Computadorizada						
2014	5.981.432	49.913.878	119,80	3.679.897	152.854.684	24,10
2015	6.634.811	49.983.440	132,70	3.988.494	154.467.209	25,80
2016	7.070.954	48.164.262	146,80	4.328.496	157.917.170	27,40
Mamografia						
2014	7.315.340	49.913.878	146,60	4.652.029	152.854.684	30,40
2015	7.449.764	49.983.440	149,00	4.507.194	154.467.209	29,20
2016	7.424.403	48.164.262	154,10	4.558.528	157.917.170	28,90
Radiografia						
2014	36.003.843	49.913.878	721,30	58.201.900	152.854.684	380,80
2015	34.757.535	49.983.440	695,40	56.948.026	154.467.209	368,70
2016	34.426.467	48.164.262	714,80	55.523.320	157.917.170	351,60

Fonte: SIA/SUS, 2018, IBGE, 2018, ANS/Tabnet, 2018

Embora o foco do registro da exposição à radiação tenha sido historicamente sempre direcionado aos profissionais de saúde (médicos radiologistas, técnicos em radiologia etc.), a disseminação e a incorporação dos exames de imagem na rotina dos exames dos pacientes acabaram tornando relevante o registro de sua exposição à radiação.

Rehani (2017) refere que o rastreamento da exposição de pacientes à radiação será uma realidade muito em breve, o que já vem acontecendo em alguns países, ainda de forma isolada.

3.2 Dose efetiva média de radiação em procedimentos médicos

A literatura retornou dados acerca das doses efetivas médias de radiação para cada procedimento médico que utilize radiação (METTLER *et al*, 2008). A Tabela 6 mostra as doses médias por tipos de procedimentos. Essas doses serviram de base para os cálculos de dose do protótipo Sirius.

Há vários tipos de doses de radiação e várias definições de dose. Aqui nesse projeto foi utilizada a dose efetiva por ser a dose que leva em consideração os efeitos biológicos em relação à radiação absorvida.

Devido às variadas tecnologias e por ainda ter muito equipamento antigo em uso, principalmente no Brasil, a dificuldade de controlar as doses em todos os equipamentos e em todos os estabelecimentos de saúde se torna muito complexa.

Vários esforços vêm pautando essa temática, porém sem sucesso completo, alguns projetos visam esse controle e muitos países já estão começando processos de gestão de dose, mas ainda nenhum conseguiu realizar esse rastreamento de forma nacional.

Os equipamentos mais modernos já possuem tecnologia para mostrar as doses e registrar até mesmo de forma automática no sistema, como é o caso dos equipamentos de tomografia computadorizada; outros equipamentos como raios X, apenas mostram os dados de entrada, mas não realizam o cálculo da dose efetiva.

O projeto Sirius foi pensado para eliminar esses obstáculos, sendo uma ferramenta para ajudar a rastrear e calcular as doses estimadas dos usuários (pacientes) enquanto ainda não é possível realizar de forma completa e universal.

Mettler (2008) reuniu as doses efetivas já encontradas e estudadas ao longo dos anos para cada tipo de exame. Essas doses estão organizadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Doses efetivas de radiação média em exames médicos, diagnósticos, terapêuticos e intervencionistas

Exame	Procedimento	Dose efetiva (mSv)
Radiografia (RX)	Tórax	0,100
	Abdome	0,700
	Pelve	0,600
	Quadril	0,700
	Coluna Cervical	0,200
	Coluna Lombar	1,500
	Coluna Dorsal	1,000
	Extremidades (Mãos, Pés, Braços, Pernas, Joelho, Tornozelo, Punhos, Cotovelo etc.)	0,001
	Crânio	0,100
Radiografias Contrastadas	Enema opaco ⁷	8,000
	Trânsito intestinal	5,000
	Histerossalpingografia ⁸	4,000
	Pielograma intravenoso ⁹	3,000
	Esofagografia	6,000
Mamografia	Mamografia	0,400

Fonte: METTLER, *et al* 2008, adaptado pela autora.

Tabela 6 - Doses efetivas de radiação média em exames médicos, diagnósticos, terapêuticos e intervencionistas (cont.)

Densitometria	Densitometria Óssea (D.O.)	0,001
Odontologia	RX intraoral de todos os dentes	0,005

⁷ O enema opaco é um exame que utiliza raio X e contraste, geralmente sulfato de bário, para estudar a forma e a função do intestino grosso e reto, para detectar possíveis problemas intestinais, como diverticulite ou pólipos.

⁸ Histerossalpingografia é um exame ginecológico de raio X com contraste utilizado para verificar possíveis anomalias nas trompas e na cavidade uterina. Usado comumente na investigação da infertilidade feminina.

⁹ No procedimento de pielograma intravenoso (PIV) é injetado no paciente um contraste rádio opaco e são tiradas radiografias conforme o contraste percorre o trato urinário.

	RX panorâmico	0,010
	TC odontológica (FOV médio)	0,150
Tomografia Computadorizada (TC)	Abdome superior	8,000
	Abdome superior (protocolo fígado)	15,000
	Abdome e pelve	14,000
	Abdome e pelve, repetida com e sem material de contraste	20,000
	Pelve	6,000
	Tórax, abdome e pelve (<i>screening</i> de baixa dose)	21,000
	Tórax (<i>screening</i> de baixa dose)	2,000
	Tórax (estudo pé)	12,000
	Tórax (padrão)	7,000
	Pulmão	1,500
	Angiografia coronária	16,000
	Seios da face	2,000
	Crânio	2,000
	Crânio, repetido com e sem meio de contraste	4,000
	Coluna cervical	6,000
	Coluna dorsal	10,000
	Coluna lombar	5,600
	Pescoço	6,000
	Medicina Nuclear	Tomografia por emissão de pósitrons - Tomografia Computadorizada (PET/CT) de corpo inteiro
<i>Lung Scan (ventilation perfusion - VP)</i>		2,200
Teste de estresse cardíaco (Tecnécio)		9,400
Teste de estresse cardíaco (Tálio)		40,700
Varredura do fígado (HIDA)		3,100
Varredura renal		14,100
Varredura de osso		6,300
Estudo de varredura de glóbulos brancos marcados		6,700
Estudo de esvaziamento gástrico		0,400
Varredura de hemorragia gastrointestinal		7,800
Tireoide		4,800
Varredura de paratireoide		6,700
Varredura do cérebro		6,900
Ventriculograma radionuclídeo (RVG)		7,800
Teste de respiração da ureia		0,003
Varredura de Gálio		15,000
Procedimentos Intervencionistas		Angiograma coronariano (diagnóstico)
	Angiograma coronário (<i>stent</i> , ablação)	15,000
	Angiograma pulmonar	5,000
	Angiograma abdominal	12,000
	Angiograma de cabeça e pescoço	5,000
	Anastomose portossistêmica intra-hepática transjugular (TIPS)	70,000
	Embolização da veia pélvica	60,000
	Biópsia endomiocárdica	16,000
	Colangiopancreatografia retrógrada endoscópica (CPRE ou ERCP)	4,000

Fonte: METTLER, *et al* 2008, adaptado pela autora.

Os exames que mais são realizados no país são as tomografias computadorizadas. Em 2016, por exemplo, foram realizadas mais de 11 milhões de tomografias computadorizadas no

Brasil, somando-se as realizadas pelo SUS e pelo setor privado. Isso mostra a exposição à radiação a que os brasileiros estão expostos e mostra ainda a importância de haver algum rastreamento dessa exposição.

A literatura nos indica que há um “sobrediagnóstico” e que a tomografia computadorizada é um dos principais exames realizados em todo o mundo e é o responsável pela maior parte da exposição à radiação médica no mundo (IAEA, 2019; CÉSAR *et al.*, 2018; DOVALES *et al.*, 2016; REHANI, 2013; IMPACT SCAN, 2019; X-RAY RISK, 2019; SCARNNERSIDE, 2019). A dose média de uma tomografia de tórax, abdome e pelve com contraste pode ultrapassar 20 mSv, que é o limite máximo permitido para trabalhadores da saúde e o paciente pode ser exposto a essa dose em apenas um exame.

Outros procedimentos que têm doses mais altas são os intervencionistas, ou seja, procedimentos cirúrgicos, além de alguns tratamentos de medicina nuclear, mas isso em casos específicos de doenças crônicas ou mais graves.

3.3 Desenvolvimento de um protótipo (sistema *mobile*) de controle de doses de radiação em procedimentos médicos

Para realizar o gerenciamento das exposições de usuários (pacientes) à radiação optou-se pelo desenvolvimento de um sistema *mobile* de forma a simular um sistema de controle de doses de radiação. O sistema *mobile* permitirá ao usuário a inserção de todos os procedimentos médicos que ele realizar e ao final mostrará o cálculo com as doses estimadas recebidas em cada procedimento e a totalização de todos os procedimentos.

Como os limites de dose não consideram as exposições médicas iremos adotar limites criados pela autora, que são previstos nas normas do CNEN de acordo com as regiões anatômicas para adultos e para crianças. A Tabela 7 mostra os limites de dose de radiação adotados por região anatômica para indivíduos adultos. Esses limites serão utilizados no sistema como forma de emissão de alertas para o paciente e seu(s) médico(s).

Tabela 7 - Limites de dose de radiação adotados para adultos e crianças

Dose (mSv)	
Adulto	Criança
50	25

Fonte: Da própria autora

Foi elaborada uma escala de níveis variando do verde ao vermelho. Essa escala foi desenvolvida de forma lúdica, com o intuito de informar o usuário sem assustá-lo a respeito dos

seus níveis estimados de radiação. Como não há na literatura a definição de um limite máximo, no protótipo foi fixado o limite máximo de 50mSv por ano, apenas para funcionamento do sistema e emissão de alertas para o paciente.

O intuito é que o sistema sirva também para o gestor, mas que o ator principal seja o próprio usuário, no caso, o paciente. Ele quem controlará todos os seus dados e dará a permissão a seu(s) médico(s) ou não para acessar seus dados de doses.

O Quadro 4 mostra a escala desenvolvida para o protótipo Sirius.

Quadro 4 - Escala de níveis do protótipo Sirius

<p>Nível 1 – Natureza</p> <p>Você está no nível Natureza, a radiação natural que vem do sol, do calor, das ondas de rádio e TV no dia-a-dia.</p> <p>Limite: até 3,1 mSv</p>	
<p>Nível 2 – Aviador</p> <p>Você está no nível Aviador, um voo doméstico pode ter até 0,4 mSv de radiação, vinda da radiação natural.</p> <p>Limite: de 3,2 até 15 mSv</p>	
<p>Nível 3 – Físico</p> <p>Você está no nível Físico, aqui já temos níveis de radiação um pouco mais elevados. Converse com seu médico e o ajude na indicação de outros exames para o diagnóstico.</p> <p>Limite: de 16 até 27 mSv</p>	

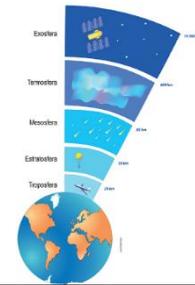
Fonte: Da própria autora

Quadro 4 - Escala de níveis do protótipo Sirius (cont.)

Nível 4 – Atmosfera

Você está no nível Atmosfera, aqui já temos níveis de radiação mais elevados. Converse com seu médico e o ajude na indicação de outros exames para o diagnóstico.

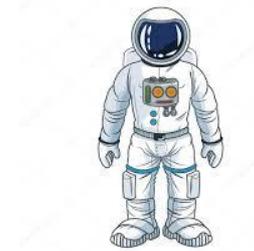
Limite: de 28 até 39 mSv



Nível 5 – Astronauta

Você está no nível Astronauta, pois os níveis de radiação no espaço são mais elevados. Converse com seu médico e pergunte se não há uma alternativa para o seu diagnóstico.

Limite: de 40 mSv ou mais



Fonte: Da própria autora

O usuário principal do aplicativo é o paciente, tendo como característica ser uma pessoa consciente dos riscos à sua saúde e, por isso, insere no sistema *mobile* todos os exames radiológicos que faz a fim de guardar um registro estimado das doses de radiação que toma ao longo do tempo.

O processo começa quando o usuário (paciente) vai até um médico (consultórios, clínicas, hospitais, UBS etc.) com alguma queixa e, então, para o diagnóstico, geralmente, pede-se que realize exame(s). O atendimento médico recebido pode ser de várias especialidades (clínica médica, ginecologia, ortopedia e traumatologia, otorrinolaringologia, pediatria, cardiologia, gastroenterologia etc.) e o pedido médico pode ser de qualquer tipo de exame, podendo ser radiológico ou não.

Após esse atendimento, o usuário, que já tem seu cadastro de dados pessoais no Sirius, segue então para a realização do(s) exame(s). Nesse momento ele insere no sistema mais esses dados. Com os dados inseridos o aplicativo faz os cálculos da dose estimada acumulada e mostra o nível de radiação a que o usuário foi exposto até o momento.

Durante seu atendimento médico, o usuário (paciente) pode mostrar a informação do Sirius ao médico que decidirá sobre o pedido ou não de novos exames que utilizem radiação ionizante. O nível de radiação a que o paciente já foi exposto pode ser um fator decisivo, dentro da análise risco/benefício, para a decisão médica por novos exames.

O fato de o paciente manter um histórico dos exames já realizados também evita realização de exames repetidos desnecessariamente. Isso coloca o usuário (paciente) como

protagonista da sua saúde e segurança em relação às radiações, juntamente com o médico, que tendo mais essa informação toma a decisão de forma mais assertiva. O médico também poderá baixar o aplicativo em seu celular e acompanhar a situação de seu paciente em tempo real, caso este lhe autorize o acesso.

Estes procedimentos visam aumentar a segurança do paciente, conforme a Portaria GM/MS 529:2013 - Programa Nacional de Segurança do Paciente. A ANVISA RDC 36:2013 institui as ações para Segurança do Paciente tendo como objetivo prevenir e reduzir a incidência de eventos que gerem danos ao paciente, usando como diretriz as Seis Metas da Organização Mundial da Saúde, constantes das portarias GM/MS 1377:2013 e GM/MS 2.095:2013 (BRASIL, MS, 2013a, 2013b, 2013c, 2013d) .

Um dos principais objetivos do sistema *mobile* Sirius é o de informar e educar o usuário (paciente) dos riscos relacionados à radiação. Dessa forma, o sistema busca uma forma lúdica para informar o paciente, sem assustá-lo, em relação à sua exposição à radiação em exames médicos.

Além da informação dos níveis de radiação, mostrados sem números para não impressionar negativamente o usuário, o aplicativo apresenta uma parte com finalidade educativa, buscando informar ao usuário conhecimentos básicos sobre radiação, exames médicos e demais informações pertinentes.

Optou-se pela utilização de dados fictícios já que o objetivo principal do projeto não é o desenvolvimento do *software* e nem o envolvimento de usuários reais e sim a gestão e rastreamento dos níveis de exposição dos usuários à radiação.

Algumas telas do sistema *mobile* Sirius, a tela de login, de cadastro e uma simulação com um usuário fictício com alguns dados de exames realizados e o seu nível de radiação são mostradas na Figura 13.

Figura 13 - Telas do protótipo



Fonte: Da própria autora

3.4 Testes e aplicabilidade do protótipo com usuários fictícios

Após o desenvolvimento do sistema *mobile* e alguns ajustes iniciais deu-se início aos testes de funcionalidade e aplicações, a fim de entender como se daria o processo de uso pelo usuário (paciente) e médico. Foram criados vários usuários-teste com perfis pré-estabelecidos, conforme idade, sexo, histórico clínico e exames realizados.

Todos esses testes foram originados de perfis de usuários que utilizariam o sistema para controlar suas doses de acordo com algumas características que irão interferir diretamente no uso e aplicação do sistema.

A simulação foi realizada com exames de 2019 para consultar o acumulado anual de cada usuário, de forma a entender os níveis de classificação de cada um no aplicativo. É apresentado a seguir o perfil dos usuários:

Os critérios para escolha dos exames realizados pelos usuários foram decorrentes de pesquisas acerca dos exames mais comuns realizados, por sexo e idade. Mulheres acima de 40 anos devem realizar mamografia anualmente (BVS, 2009a), densitometria óssea é recomendada para mulheres a partir de 50 anos (BVS, 2009b).

Outros exames bastantes comuns realizados por todas as idades são raios X de tórax e raios X de seios da face. Em homens acima de 60 anos é comum a realização de exames urológicos como urografia excretora, para avaliar problemas de próstata e bexiga, normais para a idade. Radiografias de coluna também são muito comuns em homens e mulheres com idades acima de 50 anos, assim como tomografia computadorizada de coluna.

A tomografia de crânio é muito comumente realizada em pessoas acima de 60 anos para avaliação de senilidade.

Os níveis máximos para crianças de até 17 anos são a metade dos níveis de usuários adultos (Tabela 7) visto que as crianças são mais sensíveis à radiação, portanto, a preocupação deve ser maior nesses casos. Todos esses dados simulados estão organizados no Quadro 5.

Quadro 5 - Dados dos usuários-teste do sistema

Usuário	Sexo	Idade	Exames realizados (2019)	Nível
A	Feminino	55 anos	1 mamografia 1 densitometria 1 raio X de seios da face 1 raio X de tórax 1 raio X de coluna lombar 1 tomografia computadorizada de crânio com e sem contraste	2 - Aviador
B	Masculino	65 anos	1 tomografia computadorizada de coluna lombo-sacra 1 tomografia computadorizada de crânio 1 raio X de seios da face 1 raio X de tórax 1 raio X de coluna lombo sacra 1 densitometria óssea 1 Urografia excretora	3 - Físico

Fonte: Da própria autora

Quadro 5 - Dados dos usuários-teste do sistema (cont.)

C	Feminino	06 anos	1 raio X de seios da face 1 raio X de tórax 1 tomografia computadorizada de crânio 1 tomografia computadorizada de seios da face	2 - Aviador
D	Feminino	59	1 mamografia 1 densitometria PETCT 1 tomografia de coluna lombar 1 tomografia de tórax (padrão) 1 raio X de coluna lombo sacra 1 raio X de coluna dorsal 1 raio X de coluna cervical 1 raio X de tórax 1 raio X de ombro	4 - Atmosfera

Fonte: Da própria autora

Foi realizada uma simulação com um usuário (paciente) para ilustrar a evolução ao longo de alguns anos, de 2015 a 2019. O perfil selecionado foi um usuário do sexo feminino, 60 anos, com doença crônica, que se submete regularmente a exames de controle.

Os dados para simulação são mostrados no Quadro 6.

Quadro 6 - Simulação do usuário X por ano e nível

Usuário	Sexo	Idade	Exames realizados	Nível
X	Feminino	60 anos	2015	1 – Natureza
			1 densitometria	
			2016	4 – Atmosfera
			1 PETCT – 10/06/2016 1 PETCT – 22/11/2016 1 tomografia computadorizada de tórax com e sem contraste	
			2017	2 – Aviador
			1 PETCT – 03/02/2017 1 mamografia 1 odontológico panorâmico	
			2018	1 – Natureza
			1 mamografia	
			2019	2 – Aviador
			1 PETCT – 22/08/2019 1 mamografia (10/2019) 3 raio X de ombro direito	

Fonte: Da própria autora

3.5 Modelagem de processo com BPM

A modelagem dos processos de integração das informações radiológicas do usuário por meio do sistema *mobile* Sirius foi realizado em duas etapas. Primeiro foram feitas pesquisas com o objetivo de mapear o processo realizado pelo usuário (paciente) desde o seu atendimento médico na consulta, onde é feito o pedido de exames médicos, passando pela realização de exames e o uso do Sirius para registrar esses exames e calcular os níveis de radiação.

Foram elaboradas duas modelagens de processos, sendo uma simulando a integração do Sirius em uma clínica, inicialmente de forma manual e outra para integração em um hospital.

A modelagem foi escolhida por ser uma ferramenta capaz de mostrar, de forma clara e global, todos os detalhes do processo do uso de um sistema. As etapas da modelagem do processo estão organizadas no Quadro 7.

Quadro 7 - Etapas da modelagem do processo de integração entre o Sirius e clínicas radiológicas

Definição dos atores		
Usuário (paciente)	Médico	Clínica
Definição das ações		
Ações usuário (paciente):		
	baixa <i>app</i> Sirius	
	cadastra dados pessoais, login e senha,	
	cadastra exames realizados	
	consulta nível acumulado	
	pesquisa médico	
	recebe pedido de acesso do(s) médico(s)	
	dá ou não permissão ao(s) médico(s)	
	realiza exames na clínica	
	decide esperar junto ao médico por novos exames ou realizar outros que não usem radiação	
	informa clínica sobre acumulado	
Ações médico:		
	Baixa <i>app</i> Sirius	
	Cadastra dados pessoais, login e senha	
	Pede permissão ao(s) seu(s) paciente(s) (usuário)	
	Consulta nível acumulado	
	Pede ou não novos exames após consulta acumulado	
Ações clínica:		
	Atende paciente	
	Visualiza acumulado	
	Acrescenta no prontuário do paciente	

Fonte: Da própria autora

Utilizando a modelagem, foi simulada a integração entre o Sirius e o sistema de gestão de hospitais para entender o caminho do usuário (paciente) desde a consulta até a realização de

exames no hospital e a integração do aplicativo *mobile* com sistemas de hospitais. As etapas do processo são mostradas no Quadro 8.

Quadro 8 - Etapas da modelagem do processo de integração entre o Sirius e Hospitais

Definição dos atores		
Usuário (paciente)	Médico	Clínica
Definição das ações		
Ações usuário (paciente):		
	baixa <i>app</i> Sirius	
	cadastra dados pessoais, login e senha,	
	cadastra exames realizados	
	consulta nível acumulado	
	pesquisa médico	
	recebe pedido de acesso do(s) médico(s)	
	dá ou não permissão ao(s) médico(s)	
	realiza exames na clínica	
	decide esperar junto ao médico por novos exames ou realizar outros que não usem radiação	
	informa clínica sobre acumulado	
Ações médico:		
	Baixa <i>app</i> Sirius	
	Cadastra dados pessoais, login e senha	
	Pede permissão ao(s) seu(s) paciente(s) (usuários)	
	Consulta nível acumulado	
	Pede ou não novos exames após consulta acumulado	
Ações Hospital:		
	Atende paciente	
	Visualiza acumulado	
	Acrescenta no prontuário do paciente	
	Informação fica disponível nos sistemas do Hospital (HIS/ RIS/ PACS/DICOM)	

Fonte: Da própria autora

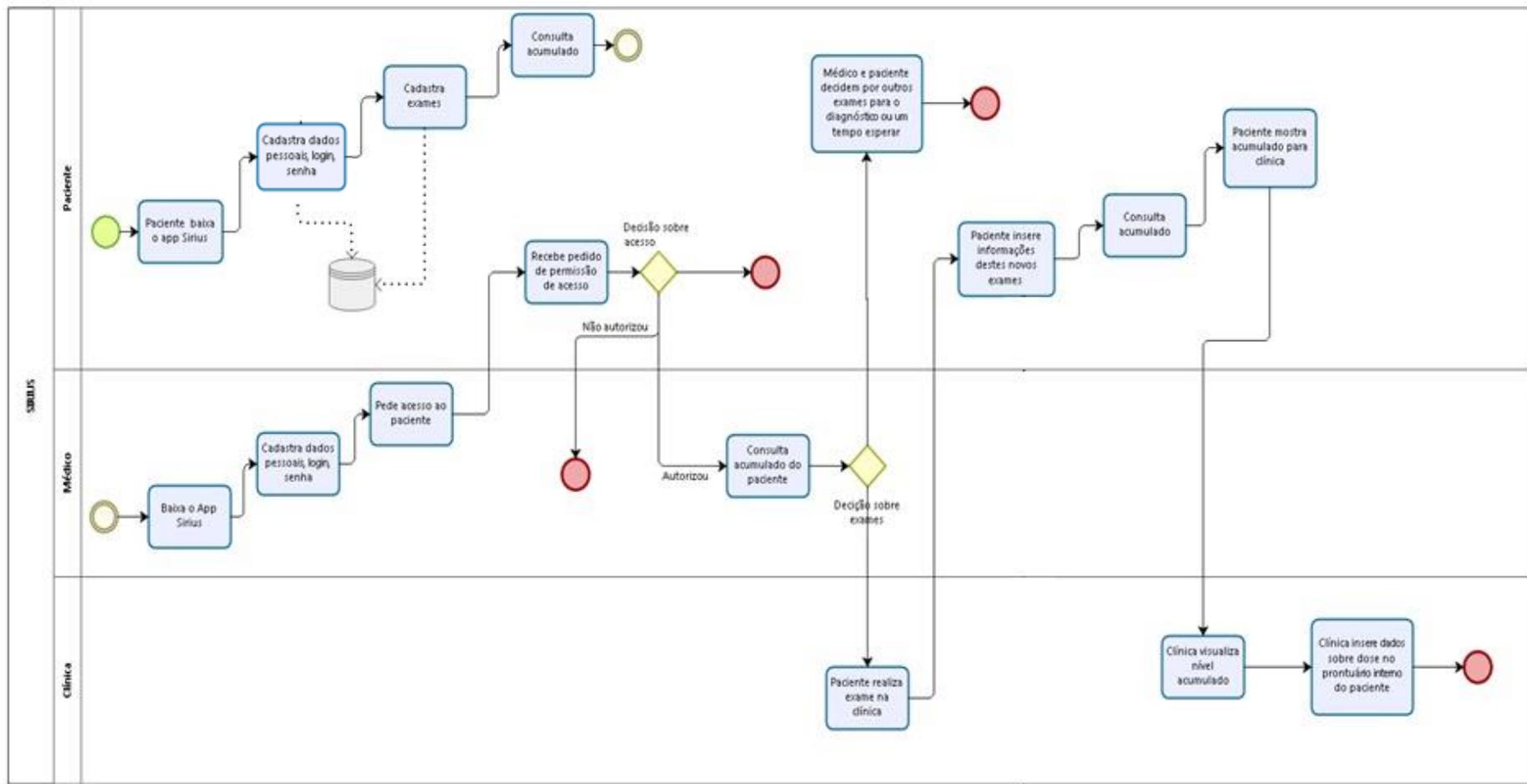
Esse processo foi desenhado utilizando o *software Bizagi Modeler®*, que permite desenhar o caminho dos usuários durante o processo. Foram realizados testes no protótipo do aplicativo para analisar todas as funções pretendidas. Foram também realizados testes no protótipo de todas as funções e atividades projetadas, testes de usabilidade, de funcionamento, de telas, de *layout* entre outros.

Foi realizada a modelagem do processo de integração das informações radiológicas do usuário (presentes no aplicativo) com o sistema de informação de gestão de uma clínica de radiologia e de um hospital, passando pelo atendimento médico, emissão do pedido de exame,

atendimento na clínica e culminando com a realização do exame de imagem e a posterior inserção deste exame em seu aplicativo, com nova avaliação de sua exposição à radiação.

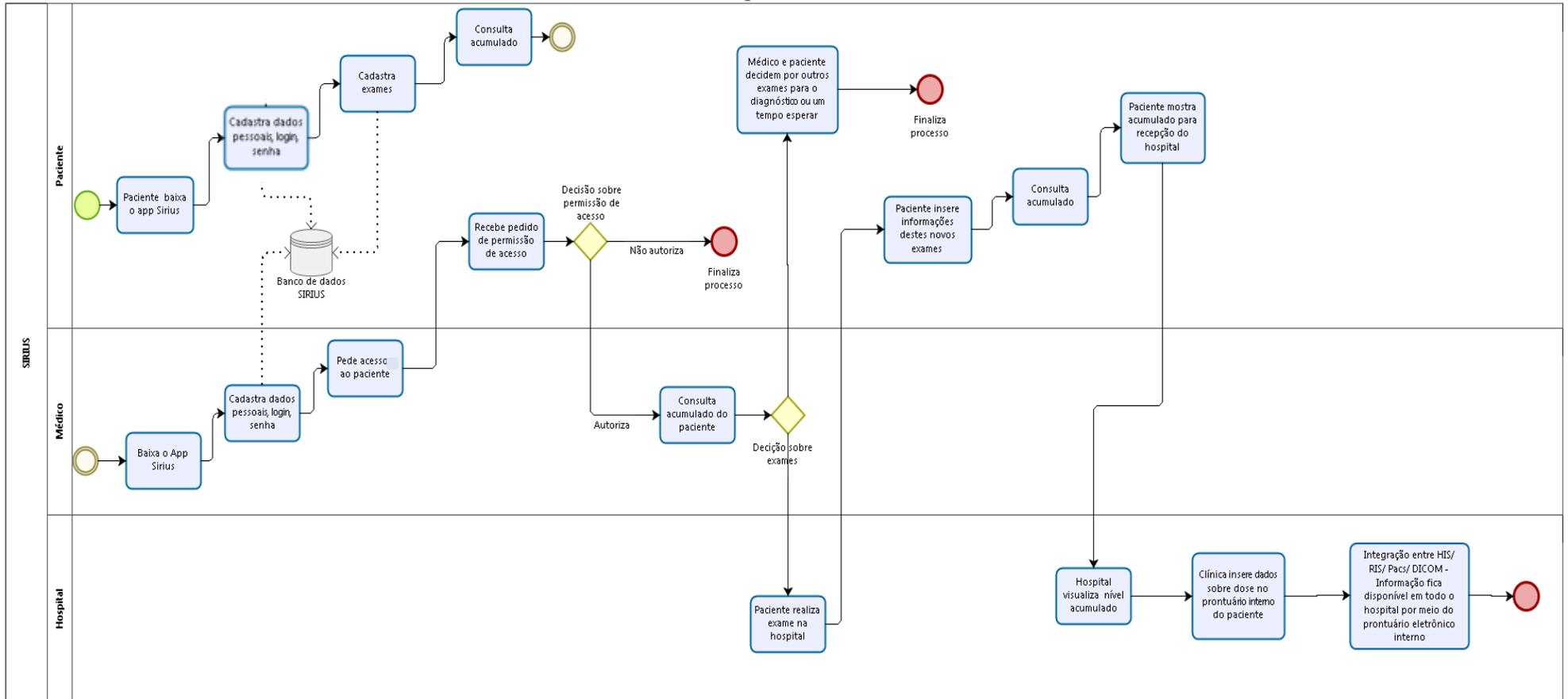
A Figura 14 mostra a modelagem do processo para integração com sistemas de gestão de clínicas radiológicas, assim como a Figura 15, mostra como seria essa integração em hospitais. Esse processo foi desenhado com base em integração de forma manual, a princípio, mas esforços estão sendo realizados para que essa integração se dê de forma automatizada, com uso de outras tecnologias como computação na nuvem entre outros sistemas.

Figura 14 - Processo de gestão das informações de pacientes expostos à radiação por meio da transmissão de dados de sistema *mobile* para *software* de gestão de clínicas radiológicas



Fonte: Da própria autora

Figura 15 - Processo de gestão das informações de pacientes expostos à radiação por meio da transmissão de dados de sistema *mobile* para *software* de gestão de hospitais



Fonte: Da própria autora

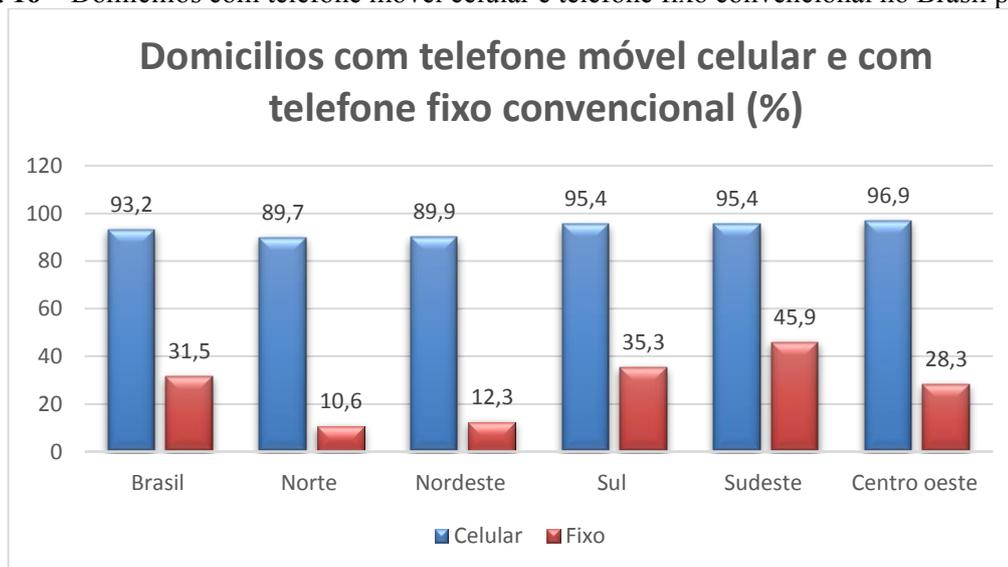
3.6 Segurança da informação, perfil de usuário e contribuições do Sirius

A questão da segurança da informação no Sirius deverá seguir as determinações da LGPD (BRASIL, 2018) que entrará em vigor em agosto de 2020. Todas as empresas que utilizarem os dados dos usuários, qualquer dado deverá tomar as providências cabíveis dentro da lei. Essas providências incluem deixar claro o porquê e como serão utilizados os dados e deverão também tomar medidas de segurança digital de forma a inibir o vazamento das informações. Essas medidas já fazem parte do sistema *mobile* Sirius.

Do ponto de vista do aspecto social, deve-se entender que o perfil de cidadão que deverá utilizar o Sirius é de uma pessoa bem informada, com acesso às tecnologias e o mínimo de informação acerca dos riscos que envolvem radiação e seus exames médicos. O fato de o Brasil ser um país grande em termos de território e população e, principalmente, em decorrência da sua desigualdade social, implica que nem todo cidadão estará apto a utilizar o sistema.

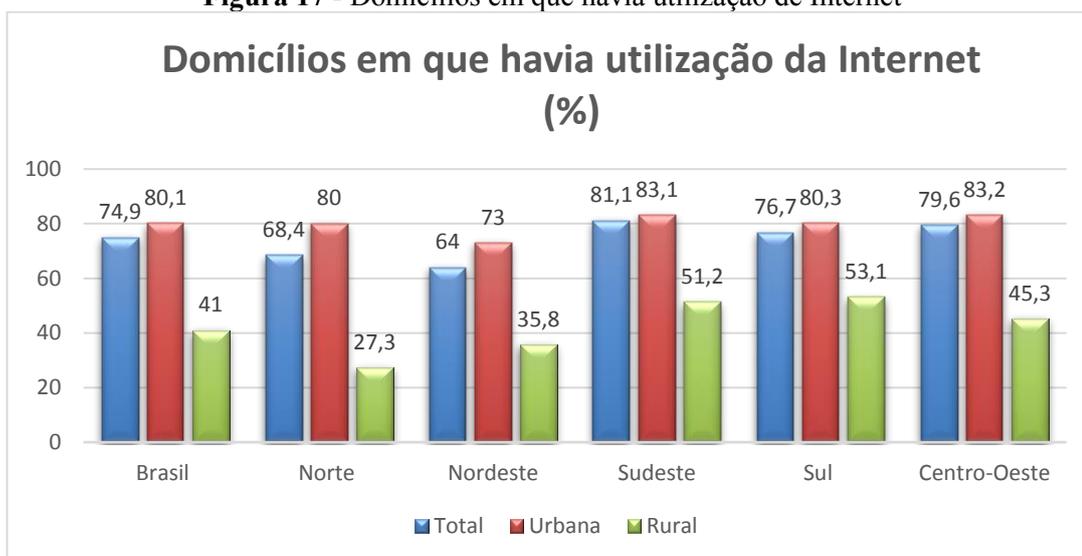
Dados do IBGE (2017) mostram que ainda há muitos domicílios que não tem telefone móvel celular ou telefone fixo convencional, apesar do aumento, ainda há casas em que o acesso é restrito, como mostra a Figura 16. A pesquisa mostra ainda que no Brasil 74,9 % dos domicílios têm utilização da internet. Porém, quando comparado por região, as regiões, Nordeste e Norte tem o menor número de domicílios com acesso, sendo 64% e 68% respectivamente, enquanto no Sudeste há 81% dos domicílios com utilização de Internet. Esses dados são mostrados na Figura 17.

Figura 16 – Domicílios com telefone móvel celular e telefone fixo convencional no Brasil por região



Fonte: IBGE, 2017

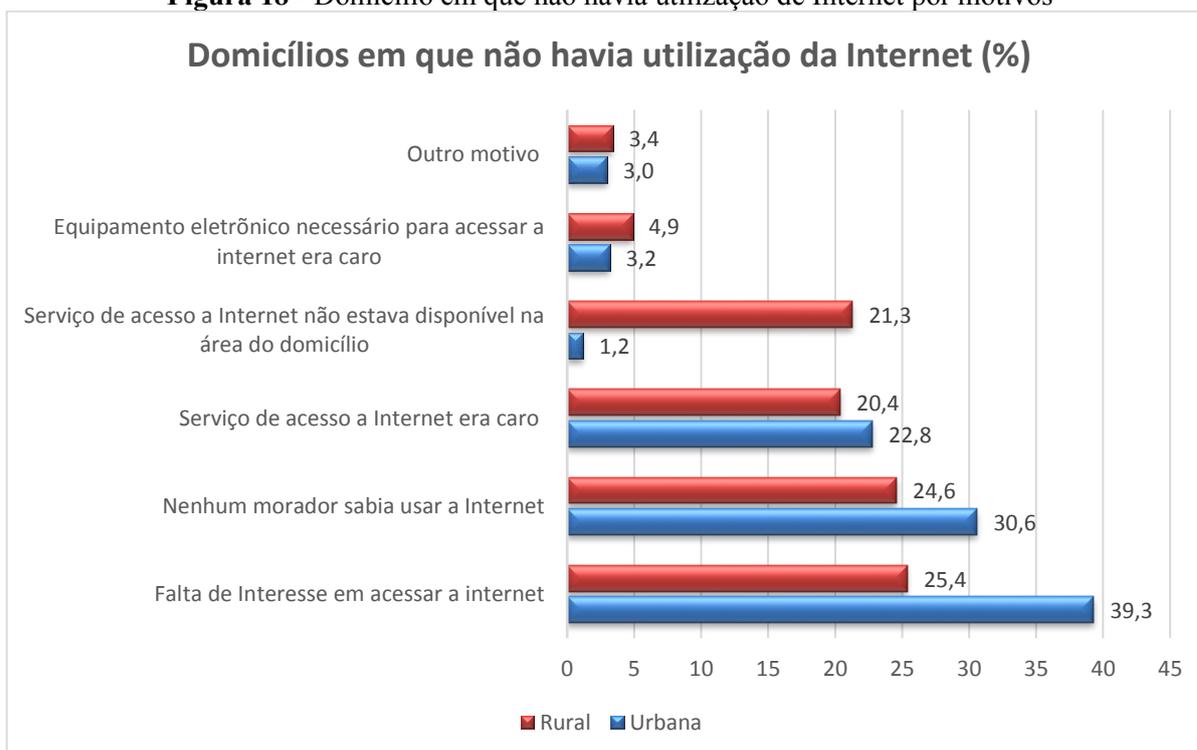
Figura 17 - Domicílios em que havia utilização de Internet



Fonte: IBGE, 2017

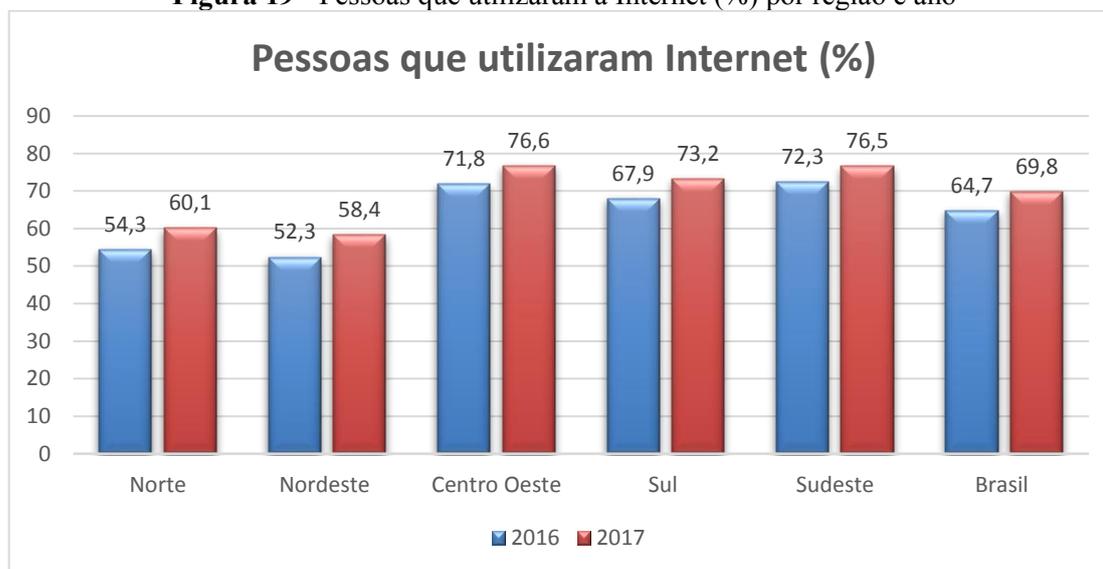
Ainda sobre as desigualdades sociais, no Brasil há muitos domicílios sem acesso à internet por motivos variados, incluindo falta de conhecimento, de condições financeiras, falta de interesse dos cidadãos e até falta de cobertura pelas operadoras de internet, conforme mostrado na Figura 18. Agora quando comparado com as pessoas que utilizaram a internet o número cai mais ainda, embora haja um aumento de 2016 para 2017. Esses dados são mostrados na Figura 19.

Figura 18 - Domicílio em que não havia utilização de Internet por motivos



Fonte: IBGE, 2017

Figura 19 - Pessoas que utilizaram a Internet (%) por região e ano

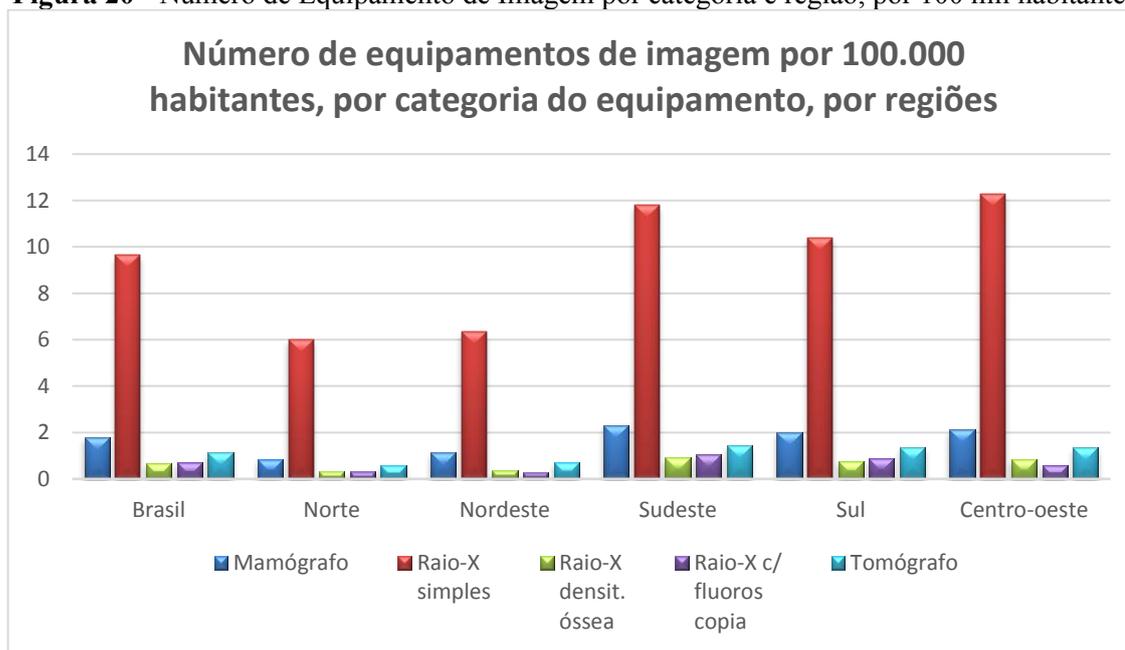


Fonte: IBGE, 2017

O acesso à educação também é fator limitante do ponto de vista do uso de tecnologias. Em alguns pontos do país o acesso à saúde, informação e educação básicas é limitado. Segundo o IBGE, existem 11,3 milhões de analfabetos no Brasil, dados da última pesquisa divulgada em 2019 (IBGE, 2019).

Outro aspecto limitante para o uso do sistema Sirius de forma nacional se dá pelo fato do acesso aos exames. Existe uma desigualdade bastante grande em relação a disponibilidade dos equipamentos por estado. A Figura 20 ilustra a distribuição por região dos equipamentos existentes nos estabelecimentos de saúde para cada 100 mil habitantes. De novo as regiões Norte e Nordeste têm o menor número de equipamentos, apesar de haver aumento ao longo dos anos. Em comparação com a média das outras regiões, a oferta ainda é consideravelmente restrita. E isso também é fato relevante para o uso do Sirius, pois se a pessoa não tem acesso aos exames e, conseqüentemente, não é exposta à radiação médica, não há motivo para ela utilizar o Sirius.

Figura 20 - Número de Equipamento de Imagem por categoria e região, por 100 mil habitantes



Fonte: DATASUS/TABNET, 2020.

Embora, nem todo cidadão possa se beneficiar do uso do Sirius, sua importância se dá pelo fato de ser pioneiro no registro e controle de exposições médicas às radiações ionizantes do paciente. Não há sistema parecido que possa registrar toda e qualquer exposição, acompanhando assim, todo o histórico do paciente. Existem sistemas de registros isolados, como a *X-RayRisk*, o *ImpactScan*, o *Safrad*, entre outros, além dos registros isolados de hospitais e clínicas que fazem seu próprio controle, mas que se perdem quando o paciente migra para outro hospital.

A ideia inicial do desenvolvimento de um protótipo foi bem sucedida e agora melhorias serão incrementadas, tornando-o mais completo com muito mais qualidade para o usuário.

Outro ponto que se deve destacar do Sirius é o protagonismo do usuário. Outros sistemas semelhantes sempre colocam a instituição ou o Estado como protagonistas, diferente do Sirius, onde o usuário é o protagonista, pois é ele quem registra, controla suas informações radiológicas e autoriza ou não o acesso ao seu médico, indo de encontro com a proposta da LGPD, que também deixa a decisão nas mãos do usuário.

Alguns exemplos de aplicativos com o usuário como protagonista são o *iCare* (ICARE, 2020), capaz de medir pressão sanguínea, frequência cardíaca, visão, audição, capacidade pulmonar, índice mental, cegueira e outros dados físicos dos usuários de celular. O *Cardiograph* (CARDIOGRAPH, 2020) é utilizado por quem precisa traçar um histórico cardíaco, ele mede

a frequência cardíaca com auxílio da câmera do celular. O resultado pode ser salvo para apresentar ao médico posteriormente.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O protótipo de sistema *mobile* Sirius tem por objetivo realizar o rastreamento da exposição à radiação do usuário em todos os estabelecimentos de saúde que ele percorrer ao longo da vida, independentemente de qual seja sua natureza, privada ou pública. O sistema *mobile* Sirius foi desenvolvido durante este projeto de pesquisa, porém não é o objeto principal do estudo e sim o rastreamento da exposição do usuário, tornando-se o Sirius uma ferramenta de rastreio.

Aspectos importantes a respeito do número e tipos de equipamentos foram levantados para conhecer o tamanho e impacto desse rastreamento no Brasil. A bibliometria acerca do tema retornou dados importantes mostrando a relevância do tema e as iniciativas internacionais de registrar exposição de pacientes à radiação: projetos importantes como o *SmartCard* vêm sendo desenvolvidos desde 2006, além de outros pelo mundo afora.

Devido ao tamanho do Brasil e, principalmente às suas desigualdades sociais e demográficas, entende-se que haja uma não uniformidade na distribuição da tecnologia médica, principalmente no interior do país, em regiões menos desenvolvidas, o que dificulta o acesso do paciente às tecnologias médicas.

O Brasil tem aproximadamente 96 mil equipamentos que utilizam radiação e a maioria deles estão nos grandes centros: são mais de 78 mil equipamentos de raios X, quase 5 mil tomógrafos e pouco mais de 4 mil mamógrafos.

Esses equipamentos realizam em média 11 milhões de tomografias computadorizadas e mais de 11 milhões de mamografias, além de quase 90 milhões de exames de raios X (Tabela 5) (SIA/SUS, 2018, IBGE, 2018, ANS/Tabnet, 2018). Nenhuma dessas exposições é rastreada, e estudos mostram que muitos desses exames são realizados de forma repetida e sem necessidade em muitos casos (*overdiagnosis*).

Para tornar viável o registro da exposição dos pacientes à radiação é preciso que os equipamentos de imagem sejam fabricados com a função de mostrar as doses de radiação em cada exame e disponibilizar essas informações, integrando-se com os diversos sistemas de informação em saúde já existentes. Essa função já está presente nos equipamentos mais modernos, porém, principalmente no Brasil, existem muitos equipamentos ainda em uso que não possuem essa função devido à tecnologia defasada.

O protótipo Sirius deverá se enquadrar nos requisitos exigidos pela lei de proteção dos dados que entrará em vigor em agosto de 2020, de forma a proteger os dados e informações dos usuários do sistema.

O protótipo proposto mostrou que é possível registrar e controlar a maioria das exposições médicas e ter uma estimativa quantitativa da radiação que o usuário (paciente) recebe nos exames e procedimentos médicos disponíveis atualmente.

Outro ponto importante a ser destacado é o perfil do usuário do Sirius, que deve ser um cidadão com acesso à informação, à internet e à saúde. Estes são os requisitos mínimos para tornar esse usuário apto para o uso do sistema. Conforme mencionado nas discussões, há muitas casas sem acesso à internet no país. Aproximadamente 11 milhões de brasileiros são analfabetos e, principalmente, nas regiões Norte e Nordeste o acesso às tecnologias médicas é restrito.

O impacto do uso do sistema *mobile* Sirius é importante do ponto de vista da segurança do paciente, além de poder contribuir com redução de custos com saúde, diminuição do consumo de energia, insumos, entre outros.

Do ponto de vista da utilidade o processo superou as expectativas do projeto, quando da realização dos primeiros passos da ideia. O protótipo pode realizar as funções pretendidas e futuramente elas poderão ser inseridas de forma automatizada e integrada a outros sistemas de informação de clínicas, hospitais ou outros estabelecimentos de saúde.

O processo de modelagem mostrou o caminho realizado pelo usuário (paciente) desde a consulta com o médico até a realização do(s) exame(s) médico(s) na clínica de radiologia ou hospital. A informação a respeito dos níveis de radiação estimados do paciente agrega valor à tomada de decisão do médico, levando em conta a redução da exposição do usuário (paciente) à radiação.

A contribuição que o Sirius pode trazer será a de colocar o usuário como controlador de suas informações médicas, além do benefício de informar e conscientizar os usuários em relação aos possíveis riscos relacionados a radiação em procedimentos médicos. Aquele usuário com perfil para utilização do Sirius estará disposto a conhecer e se proteger de possíveis danos causados pela exposição excessiva às radiações.

Como trabalhos futuros, sugere-se implementar a integração do sistema *mobile* Sirius aos sistemas de informação de clínicas e hospitais. Sugere-se que esta integração se dê também a nível nacional através do sistema informatizado do SUS, preferencialmente vinculada ao número do cartão SUS de cada usuário. Desta forma, todo o sistema produtivo da saúde poderia se beneficiar com a otimização de procedimentos que fazem uso de radiações cada vez mais voltados à segurança do paciente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. **SBP alerta sobre o número excessivo de exames de imagem em crianças.** 11/10/2018. Campanha. Disponível em: <http://conter.gov.br/site/noticia/campanha>. Acesso em: 08 abr 2019.

AGUILAR-SAVÉN, R. S. (2004). Business process modelling: review and framework. **International Journal of Production Economics**, 90(2), 129-149. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00102-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00102-6). Acesso em 10 fev 2020.

AMARILLA, R. S. D., IAROSINSKI NETO, A. Análise comparativa dos principais processos de negócio de empresas do subsetor de edificações da construção civil. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 25, n. 2, p. 269-283, 2018.

ANS. **Agência Nacional de Saúde Suplementar**, 2017. Disponível em: https://www.ans.gov.br/anstabnet/cgi-bin/tabnet?dados/tabnet_tx.def. Acesso em: 14 abr 2019

ALMEIDA, A. - **Os Sistemas de Gestão da Informação nos Hospitais Públicos Portugueses**. Atas do 11º Congresso da BAD, 2012.

AUDY, J. L. N.; ANDRADE, G. K.; CIDRAL, A. **Fundamentos de Sistemas de Informação**, Porto Alegre: Bookman, 2005. 321p.

BARROS, AIDIL J. DA S.; LEHFELD, Neide Aparecida de S. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 176 p.

BATRA, R.; PALL, A.S.; **Adoption and assessment of hospital information systems: A study of hospitals in Jalandhar**. Asia-Pacific Journal of Management Research and Innovation, 11(3), 205–218, 2015.

BERRINGTON, G. A.; MAHESH, M.; KIM, K.P.; BHARGAVAN, M.; LEWIS, R.; METTLER, F.; LAND, C. Projected cancer risks from computed tomographic scans performed in the United States in 2007. **Arch Intern Med**, 2009.

BIO, S. R. **Sistemas de informação: um enfoque gerencial**. São Paulo: Atlas, 1991.

BIRNBAUM, S. **Radiation safety in the era of helical CT: a patient-based protection program currently in place in two community hospitals in New Hampshire**, J Am Coll Radiol, 2008.

BLAIR, C. School readiness: Integrating cognition and emotion in a neurobiological conceptualization of children's functioning at school entry. **American Psychologist**, 2002.

BPMN. **Business Process Modeling Notation (BPMN) Information**. OMG, 2007. Disponível em: <http://www.bpmn.org>. Acesso em: 10 fev 2020.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Decreto nº 8.080, de 19 de setembro de 1990**. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. Diário Oficial, Brasília, DF, 19 set. 1990. Cap 2, p. 1. Brasil – Legislação: CF; Leis 8.080 e 8.142; LC 141. Disponível em: <http://www.senado.gov.br>. Acesso em: 05 jan 2019

BRASIL, Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Diretrizes de Radioproteção: CNEN NE – 3.01**. CNEN, 1998. Disponível em: <http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/normas.asp?grupo=3>. Acesso em: 28 maio 2018.

BRASIL, Ministério da Saúde. **A experiência brasileira em sistemas de informação em saúde/Ministério da Saúde**, Organização Pan-Americana da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz (Vol. 2). Brasília: Editora MS. 2009.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS). **Atenção à saúde no setor suplementar: evolução e avanços do processo regulatório**. Agência Nacional de Saúde Suplementar. Rio de Janeiro: ANS, 2009. Disponível em: www.ans.gov.br. Acesso em: 05 abr 2019.

BRASIL, Comissão Nacional de Energia Nuclear. CNEN Norma CNEN-NN-3.01 Resolução 164/14, 2011. **DIRETRIZES BÁSICAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA**.

Resolução CNEN 27/04. Disponível em:

<http://appasp.cnen.gov.br/seguranca/normas/normas.asp? grupo=3>. Acesso em: 28 ago 2018.

BRASIL, Ministério de Ciência e Tecnologia. Comissão Nacional de Energia Nuclear. CNEN-NN-3.01 - **Diretrizes básicas de proteção radiológica**. Resolução N° 027, de 17 de dezembro de 2004. D.O.U. 06/01/2005.

BRASIL, ANS. **Mapa assistencial da saúde suplementar** [recurso eletrônico]: 2016. Setembro 2012. – Rio de Janeiro: ANS, junho 2018-1MB; PDF. Periodicidade anual a partir da edição de 2014. Periodicidade semestral até a edição de 2013. ISSN online 2525-3743. Disponível em: <http://www.ans.gov.br/biblioteca/index.html>. Acesso em: 20 mar 2019.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Agência Nacional de Saúde Suplementar (Brasil). Primeiras diretrizes clínicas na saúde suplementar**, versão preliminar organizado por Agência Nacional de Saúde Suplementar: Rio de Janeiro: ANS, 2009.

BRASIL, Ministério da Saúde. Banco de dados do Sistema Único de Saúde-DATASUS, Sistema de Informações Hospitalares. Disponível em: <http://www.datasus.gov.br/catalogo/sihsus.htm>. Acesso em 28 de maio de 2019.

BRASIL. **Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD)**. Lei n. 13.709, de 14 de agosto de 2018. Dispõe sobre a proteção de dados pessoais e altera a Lei n. 12.965 de 23 de abril de 2014 (Marco Civil da Internet). *Diário Oficial da União*, Brasília, 15 ago. 2018. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/L13709.htm. Acesso em: 10 jan 2020.

BRENNER, D.; ELLISTON, C.; HALL, E.; *et al.* Estimated risks of radiation-induced fatal cancer from pediatric CT. **AJR. Am J Roentgenol**, 2001.

BRENNER, D.J. HALL, E.J. Computed tomography-an increasing source of radiation exposure. **N Engl J Med**, 2007.

BVS. Biblioteca Virtual em Saúde. **Qual a faixa etária ideal para realização de mamografia em mulheres, visando redução da mortalidade por Câncer de Mama?** Cuidados primários de saúde. 2009a. Disponível em: <https://aps.bvs.br/aps/em-qual-idade-devemos-solicitar-densitometria-ossea-para-homem-e-mulher/>. Acesso em: 10 set 2019.

BVS. Biblioteca Virtual em Saúde. **Em qual idade devemos solicitar Densitometria óssea para homem e mulher?** Cuidados primários de saúde. 2009b. Disponível em: <https://aps.bvs.br/aps/em-qual-idade-devemos-solicitar-densitometria-ossea-para-homem-e-mulher/>. Acesso em: 10 set 2019.

CAETANO, A., PEREIRA, C., SOUSA, P. Generation of business process model views. **Procedia Technology**, 5, 378-387, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.protcy.2012.09.042>. Acesso em: 10 fev 2020.

CAMPOS, M. R.; MARTINS, M.; NORONHA, J.C.; TRAVASSOS, C.; Proposta de integração de dados do Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH-SUS) para pesquisa. **Inf Epidemiol SUS**, 2000.

CARBONE, P. P. *et al.* **Gestão por competências e gestão do conhecimento**. 3. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2009. 172p.

CARDIOGRAPH. Aplicativo para celular. Disponível em: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.macropinch.hydra.android&hl=pt_BR. Acesso em: 03 mar 2020.

CARDOSO, J., AALST, W. V. D. **Handbook of research on business process modeling**. Hershey: IGI Global, 2009. 634p. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-60566-288-6>. Acesso em: 10 fev 2020.

CARVALHO, A. I.; BARBOSA, P. R. **Políticas de saúde: fundamentos e diretrizes do SUS**. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração / UFSC; Brasília: CAPES: UAB, 2010. 82p.

CÉSAR, H. V.; CORDEIRO, S. S.; SANTOS, E. E. D.; AZEVEDO-MARQUES, P.M. **Ferramenta Computacional para Estimativa da Dose Efetiva em Exames de Tomografia Computadorizada a partir da Extração de Dados do Cabeçalho DICOM**. Revista Brasileira de Física Médica. 2018. Associação Brasileira de Física Médica ®. FMRP/USP, Ribeirão - Preto (SP), Brasil

CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 7.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 678p.

COELHO, W. Dados, informação, conhecimento e competência. **Webartigos.com**. 2009. Disponível em: <http://www.webartigos.com/articles/26653/1/dados-informacaoconhecimento-e-competencia/pagina1.html>. Acesso em: 12 fev. 2011.

CORREIA, M. B. F. **A comunicação de dados estatísticos por intermédio de infográficos: uma abordagem ergonômica**. 2009 2 v.: il.; Dissertação (Mestrado em Design) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

CRUZ, TADEU. **BPM & BPMS: Business Process Management & Business Process Management Systems**. Rio de Janeiro: Brasport, 2010.

DAVENPORT, T. H. **Ecologia da Informação: porque só a tecnologia não basta para o sucesso na Era da Informação**. São Paulo: Futura, 2000.

DAVENPORT, T. H.; PRUSAK, L. **Working Knowledge: how Organizations Manage what they Know**. Boston: Harvard Business Scholl Press, 1998.

DATASUS. CNES Sistema de Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde: Manual de Operação. 2009. Disponível em: http://cnes.datasus.gov.br/Cadastramento_Solicitar_Exclusao.asp. Acesso em 10 jan 2019.

DATASUS. TABNET. Indicadores de Recursos. Número de equipamentos de Imagem por habitante. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?idb2012/e18.def>. Acesso em 28 de maio de 2019.

DICOM. **Digital Imaging and Communications in Medicine**. Disponível em: <https://www.dicomstandard.org/>. Acesso em: 10 fev 2019.

DIMENSTEIN, R.; HORNOS, Y. M. M. **Manual de proteção radiológica aplicada ao radiodiagnóstico**. 4ª ed. – São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2013 (Série Apontamentos). 80p.

DI SORDI, J. O. **Gestão por processos: uma abordagem da moderna administração**. São Paulo: Saraiva, 2008.

DOVALES, A. **Avaliação do padrão e tendência de uso de exames de diagnóstico por imagem no Brasil com ênfase em tomografia computadorizada pediátrica**. Tese de D.SC., IRD/CNEN, Rio de Janeiro, RJ, 2016.

EMAN. EUROPEAN MEDICAL ALARA NETWORK. (EMAN) **Optimisation of Patient Exposure in CT Procedures**. WG1- SynthDoc - revised3-2011.

FRANCES, A. Duke University. **My Summary of a Great Conference: 'Preventing Overdiagnosis'** 2015. HuffPos Health & Human Research. Sponsored. Disponível em: https://www.huffingtonpost.com/allen-frances/my-summary-of-a-great-con_b_8096056.html. Acesso em: 07 mar 2019.

FERREIRA, S. M. G. **Sistema de Informação em Saúde: conceitos fundamentais e organização**. Oficina de capacitação para docentes do curso de atualização em gestão municipal na área de saúde. NESCON/FM/UFMG. 1999.

GARCIA, E. A. C. **Biofísica**. São Paulo: SARVIER, 1997. 544p.

GARCIA, P. T.; REIS, R. S. **Gestão pública em saúde: sistemas de informação de apoio à gestão em saúde - Universidade Federal do Maranhão**. UNA-SUS/UFMA. 53f.: il. (Guia de Gestão Pública em Saúde, Unidade VI). São Luís, 2016.

GINJA, M.M.D. FERREIRA, A.J.A.- **Biologic effects of X-radiation and radiation safety in veterinary medicine**. R.P.C.V., v.97, 2002. Disponível em: http://www.fmv.utl.pt/spcv/PDF/pdf9_2002/15_RPCV543.pdf. Acesso em: 06 out 2018.

GUTIERREZ, M.A.; **Sistemas de informação hospitalares: progressos e avanços**. **J. Health Inform.** 2011.

HAVEY, Michael. **Essential Business Process Modeling**. O'Reilly Media, 1 ed 2005. 352p.

HOFFMAN, J. R.; COOPER, R. J.; **Overdiagnosis of disease: a modern epidemic**. Archives of internal medicine. 2012.

HOLT, J., PERRY, S. **Modelling enterprise architectures**. 2010. 1st ed. London: The Institution of Engineering and Technology. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1049/PBPC008E>. Acesso em: 10 fev 2020.

HORII, S.C.; **A nontechnical introduction to DICOM**. 2009. Disponível em: <http://www.rsna.org/Technology/DICOM/intro/index.cfm>. Acesso em: 06 mar

2019.HOUAISS, A.; VILLAR, M.; FRANCO, F. M. M. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001. 2922 p.

HUANG, H.K.; **PACS and imaging informatics**: basic principles and applications. Wilmington: Wiley-Liss; 2004. 1048p.

ICARE Monitor de Saúde Pro. Aplicativo para celular. Disponível em: <https://icare-health-monitor-pro.br.aptoide.com/>. Acesso em: 03 mar 2020.

IAEA, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, **International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources**. Safety Series No 115, Vienna, 1996. Disponível em: <http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/Series/73/Safety-Reports-Series>. Acesso em: 28 maio 2018.

IAEA Safety Report Series, **Methods for Assessment of Occupational Radiation Doses Due to Intakes of Radionuclides**, International Atomic Energy Agency (IAEA), Safety Report Series No. 37, 2004. Disponível em: http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1084_web.pdf. Acesso em: 05 out 2018.

IAEA. **Safety in Radiological Procedures (SAFRAD)**. 2019. Disponível em: <https://rpop.iaea.org/Safrad/Default.aspx>. Acesso em: 05 maio 2019.

IBGE. Diretoria de Pesquisas. Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2017 . Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/materias-especiais/20787-uso-de-internet-televisao-e-celular-no-brasil.html>. Acesso em: 20 fev 2020

ICRP, INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. **AgeDependent Doses to Members of the Public of the Intake of Radionuclides**, *ICRP Publication 69, Part 3*, Pergamon Press, 1994. Disponível em: <http://www.icrp.org/publications.asp>. Acesso em: 28 maio 2018. INKRET, W. C.; MEINHOLD, C. B.; TASCHNER, J. C. Radiation and Risk—A Hard Look at the Data. **Los Alamos Science**, n. 23, 1995.

IMPACT SCAN. Disponível em: <http://www.impactscan.org/ctdosimetry.htm>. Acesso em: 23 jul 2019.

JACOBS, William; COSTA, Manfred. **Modelagem do processo de desenvolvimento de produtos utilizando o BPM e o DFSS**: um estudo de caso em uma empresa de pedras semipreciosas. XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Bento Gonçalves, RS. 2012.

KEINERT, T. M. M.; CORTIZO, C. T. Dimensões da privacidade das informações em saúde. Espaço temático: Privacidade das Informações em Saúde. **Cad. Saúde Pública**, 2018.

KLEINERMAN, R. A.; Cancer risks following diagnostic and therapeutic radiation exposure in children. **Springer-Verlag 2006**. Pediatric Radiology Journal. Published online 2006. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2663653/>. Acesso em: 05 abr 2019.

KNOLL, G. F. **Radiation Detection and Measurement**. 3a ed., Ed. John Wiley&Sons Inc., USA, 2000. 816p.

LARA, C. R. D.; **A atual gestão do conhecimento: a importância de avaliar e identificar o capital intelectual nas organizações**. São Paulo: Nobel, 2004.

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. **Gerenciamento de sistemas de informação**. 3.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 434p.

LEVIN, D.C.; RAO, V.M.; PARKER, L. The recent downturn in utilization of CT: the start of a new trend? **J Am Coll Radiol**. 2012.

LODHI, A., KASSEM, G., RAUTENSTRAUCH, C. Modeling and analysis of business processes using business objects. 2009. In **Proceedings of The 2nd International Conference on Computer, Control and Communication**. Karachi, Pakistan, Pakistan: IEEE. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/IC4.2009.4909176>. Acesso em: 10 fev 2020.

MARCONI, Marina de A; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2001. 368p.

MARIN, H. F.; Sistemas de informação em saúde: considerações gerais. **J Health Inform** 2010.

MAZZILLI, B.P.; *et al.* **Noções básicas de proteção radiológica**. Diretoria de segurança nuclear – Divisão de desenvolvimento de recursos humanos. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2002. Disponível em: <http://www.ipen.br/np/apostila30horas.pdf>. Acesso em: 05 mar 2018.

METTLER, F.A.; WIEST, P.W.; LOCKEN, J.A. *et al.* CT scanning: patterns of use and dose. **J Radiol Prot**. 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/0952-4746/20/4/301>. Acesso em: 04 abr 2019.

METTLER, F.A., HUDA, W., YOSHIZUMI T.T., MAHESH, M.: **Effective Doses in Radiology and Diagnostic Nuclear Medicine: A Catalog**; Radiology: Volume 248: Number 1. July 2008. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18566177>. Acesso em: 05 jan 2017.

MOTA, L. A. N.; PEREIRA, F. M. S.; SOUSA, P. A. F. **Sistemas de Informação de Enfermagem: exploração da informação partilhada com os médicos**. **Rev. Enf. Ref.**, Coimbra, 2014. Disponível em: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0874-02832014000100010&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 05 mar 2019.

MORAES, C. R. B.; FADEL, B. A interface entre o comportamento organizacional e o informacional. In VALENTIM, Marta L. P. (Org.). **Ambientes e fluxos de informações**. São Paulo (SP): Cultura Acadêmica, 2010. p. 55-69.

MORAES, I. H. S. **Informações em saúde:** uma contribuição para a construção de uma consciência sanitária, em uma abordagem interdisciplinar. *Informações em saúde: da prática fragmentada ao exercício da cidadania*. São Paulo: Hucitec, 1994. 151-8 p.

MORAES, I. H. S. **Política, tecnologia e informação em saúde:** a utopia da emancipação. Salvador: Casa da Qualidade Editora; 2002. 171p.

MOREIRA, D. A.; **Teoria e prática em gestão do conhecimento:** pesquisa exploratória sobre consultoria em gestão do conhecimento no Brasil. Dissertação em Mestrado em Ciência da Informação. Minas Gerais: Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

MOYNIHAN, R.; HENRY, D.; MOONS, K. G. M. Using evidence to combat overdiagnosis and overtreatment: evaluating treatments, tests, and disease definitions in the time of too much. **Plos Med.** 2014 Jul; 11(7): E1001655. Published Online 2014 Jul 1. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4077659>. Acesso em: 03 mar 2019.

NASCIMENTO, L. M. M.; TÓFFOLO, R. M. M.; TOMAÉL, M. I. **Gestão da informação:** do dado a tomada de decisão. 4º Seminário de Ciência da Informação SECIN. Ciência da Informação: ambientes e práticas na contemporaneidade. UEL Londrina-PR. 2011

NATALE, S. T. **Proteção Radiológica e Dosimetria**. São Paulo SP: Erica - Grupo Saraiva, 2005. 160 p.

NILASHI, M.; AHMADI, H.; AHANI, A.; RAVANGARD, R.; IBRAHIM, O. **Determining the importance of hospital information system adoption factors using fuzzy analytic network process (ANP)**. *Technological Forecasting & Social Change*, 2016.

NOUAILHETAS, Y. *et al*, **Radiações Ionizantes e a vida** - Apostila educativa - Comissão Nacional de Energia Nuclear Radiações Ionizantes. 1999.

O'BRIEN, J. A. **Sistemas de Informação e as decisões gerenciais na era da Internet**. São Paulo: Saraiva, 2001.

OECD. Organization for Economic Co-Operation and Development, 2019. Disponível em: <https://stats.oecd.org/>. Acesso em: 10 abr 2019.

OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia. São Paulo: **Inst. Estud. Av. USP**, v..27, n.77, 2013.

OKUNO, E. **Radiação: efeitos, riscos e benefícios**. São Paulo: HARBRA, 1998.

OLIVEIRA, Y. S. M., FEITOSA, M. D., **A prototipação como recurso em sistemas com alta volatilidade de requisitos**. 21º Simpósio de Iniciação Científica e Tecnológica. FATEC SÃO PAULO, 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Desenvolvimento de sistemas de informação para gestão da saúde:** uma prática para os países em desenvolvimento. Manila: Regional Office for the Western Pacific. 2004.

PAVANI JUNIOR, O.; SCUCUGLIA, R. **Mapeamento e gestão por processos – BPM** (Business Process Management). 1. ed, São Paulo: M. Books do Brasil Editora Ltda., 2011. 376 p.

PERILLO JÚNIOR, M.F. *et al.* **Modelagem de Processos com Bizagi Modeler**. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento - SEGPLAN. Gabinete Adjunto De Gestão Superintendência De Modernização Institucional - Smi. Gerência De Escritório De Processos – Geproc. Goiânia. Disponível em: <http://www.sgc.goias.gov.br/upload/arquivos/2014-10/manual-de-padronizacao-de-modelagem-de-processos-usando-bizagi---v3-1.pdf>. Acesso em: 20 fev 2020.

POLLONI, E.G.F. **Administrando sistemas de informação**. São Paulo: Futura, 2000.

RABACA, C. A.; BARBOSA, G. **Dicionário de comunicação**. 2. ed. São Paulo: Editora Ática, 1995. 638 p.

RAMOS, E. A. **Remontando a Política Pública: A Evolução da Política Nacional de Informática Analisada pela Ótica da Teoria do Ator-Rede**. Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro-Brasil, 2009.

REHANI, M.M.; KUSHI, J.F.; A Study of Smart Card for Radiation Exposure History of Patient. **AJR**. International Atomic Energy Agency, Radiation Protection of Patients Unit. © American Roentgen Ray Society. Vienna International Centre, 2013.

REHANI, M.M. Exposição à radiação do paciente e rastreamento de dose: uma perspectiva. **J Med Imaging**. Bellingham. 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5526465/>. Acesso em: 15 jul 2019.

REIS, G.S. **Modelagem de processos de negócio com BPMN**. São Paulo: Portal BPM, 2008. 192 p.

RIPSA. **Indicadores Básicos para a Saúde no Brasil: conceitos e aplicações**. 2. ed. Brasília: Organização Pan-Americana de Saúde, 2008. 350 p.

RODRIGUES, R. J. **Information systems: the key to evidence based health practice**. **Bulletin of the World Health Organization**, Geneve, 2000.

ROWLEY, J. Towards a Framework for Information Management. **Revista Internacional de Gestão da Informação**, Amsterdã, 1998.

SAMPAIO, F. V.; **Tecnologias e sistemas de informação em uma escola de informática**. Monografia. Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras, 2009.

SANTOS, S. R.; ARAÚJO, J. O. Sistema de informação hospitalar: concepção de gestores de um hospital de ensino. **Rev. Enferm. UFPE** online. Recife, 2013.

SANTOS, A. R.; **Gestão do conhecimento: uma experiência para o sucesso empresarial**. Curitiba: Champagnat, 2001.

SANCHES, M.P. **Fundamentos de radioproteção**. Programa específico de treinamento. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares - Serviço de radioproteção, 2002. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/2009/eventos/14766.pdf>. Acesso em: 06 jan 2019.

SCANNERSIDE. Disponível em: https://scannerside.com/new_scannerside/scannerside/single.html. Acesso em: 06 maio 2019.

SCUCUGLIA, R. **Mapeamento e Gestão por Processos - BPM**. [S.l.]: Makron Books do Brasil, 2011. 376 p.

SEERAM, E, DAVIDSON, R, BUSHONG, F, SWAN, F.H. **Optimizing the Exposure Indicator as a Dose Management Strategy in Computed Radiography**. 2011. Disponível em: <http://www.imagewisely.org/media-room/optmizing-theexposure-indicator-as-a-dose-management-strategy-in-computed-radiography>. Acesso em: 15 mar 2019.

SEVERINO, A J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. rev. e atualizada. São Paulo: Cortez, 2007. 320p.

SIEGEL, E. L., KOLODNER R. M. **Filmless radiology: state of the art and future trends**. Filmless. 1999. 186p.

SILVA, P. M. de S.; AUTRAN, M.M.M; **Repositório DataSUS: organização e relevância dos dados abertos em saúde para a vigilância epidemiológica**. Universidade Federal da Paraíba. 2019. Disponível em: <http://revista.ibict.br/p2p/article/view/4967/4262>. Acesso em: 03 nov 2019.

SIQUEIRA, M. C. **Gestão estratégica da informação**. Rio de Janeiro: Brasport, 2005.

SLOVIS, T.; BERDON, W. Panel Discussion. Session I: Helical CT and Cancer Risk. **Pediatric Radiology**, v. 32, p. 242-44, 2002.

SMIRNOV, S., WEIDLICH, M., MENDLING, J., WESKE, M. **Action patterns in business process models**. 2009. In L. Baresi, C. H. Chi, J. Suzuki (Eds.), *Service-oriented computing (Lecture Notes in Computer Science, vol 5900)*. Berlin, Heidelberg: Springer.

SODICKSON, A.; BAEYENS, P.F.; ANDRIOLE, K.P.; PREVEDELLO, L.M.; NAWFEL, R.D.; HANSON, R.; KHORASANI, R.K.; **Recurrent CT, cumulative radiation exposure, and associated radiation-induced cancer risks from CT of adults**. *Radiology*, v. 251, n. 1, p. 175–84, 2009.

STONIER, T. **Information and meaning: an evolutionary perspective**. Berlin: Springer. 1997.

SOWELL, T. **Knowledge and Decisions**. Publisher: Basic Books. New York. 1996

TESSARI, R. **Gestão de Processos de Negócio: um estudo de caso da BPMN em uma empresa do setor moveleiro**. 2008. 91 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2008.

TESSER, C. D. Cuidado(!) na prevenção do câncer: ética, danos e equívocos. **Revista Brasileira de Medicina de Família e Comunidade**, v. 9, n. 31, 2014.

UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation. **UNSCEAR 2000 Report**. Nova Iorque. 2001.

UNSCEAR (Relatório de 2008) UNSCEAR Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atômica. **Relatório aos Anexos Científicos da Assembleia Geral A e B**. Nova York: Nações Unidas; 2010.

UNSCEAR. Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atômica. Relatório Vol. I **Fontes de radiação ionizante** Anexo A: Exposições médicas à radiação, 2010.

UFPI - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUI. **Efeitos da Radiação Ionizante**. 2010. Disponível em: <http://www.ufpi.br/edufpi/arq5478375.pdf>. Acesso em: 05 abr 2019.

URDANETA, I. P. **Gestión de la inteligencia, aprendizaje tecnológico y modernización del trabajo informacional**: retos y oportunidades. Caracas: Universidad Simón Bolívar, 1992.

VAINZOF, R.; FREIRE, L.N.; OLIVEIRA, C. **Cartilha de proteção de dados pessoais**. LGPD - Lei Geral de Proteção de Dados. FIESP: Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. São Paulo, 2019.

VALLE, Rogério, *et al.* **Gerenciamento de processos de negócios**. São Paulo: Érica, 2006. 240p.

VALLE, R.; OLIVEIRA, S. B. **Análise e Modelagem de processos de negócio**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 207 p.

VELLOSO, F. C. **Informática**: conceitos básicos. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003. 433p.

VENTURA, M; COELI, C. M., **Para além da privacidade: direito à informação na saúde, proteção de dados pessoais e governança**. Cad. Saúde Pública 2018; Instituto de Estudos em Saúde Coletiva, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2018.

WESKE, M. **Business process management**: concepts, languages, architectures. Berlin Heidelberg; Springer-Verlag, 2007. 420 p.

WHITE, S. S. **Introduction to BPMN**. 2004. Disponível em: <http://www.bpmn.or>. Acesso em: 12 fev 2020.

WILEY, G. The profit motive: How PACS was developed and sold. [Homepage on the internet]. **Imaging Economics**, May 2005. Disponível em: http://www.imagingeconomics.com/issues/articles/2005-05_01.asp. Acesso em: 06 mar.2019.

WIEST, P.W.; LOCKEN, J.A.; HEINTZ, P.H.; METTLER, F.A. Jr; **CT scanning**: a major source of radiation exposure. *Semin Ultrasound CT MR*, 2002. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12509110>. Acesso em: 05 fev 2019

ZHANG, J., LU, X., NIE, H., HUANG, Z., VAN DER AALST, W. M. P. Radiology information system: a workflow-based approach. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 2009. Disponível em: <http://doi.org/10.1007/s11548-009-0362-6>. Acesso em: 02 fev 2019.

ZUR MUEHLEN, M., INDULSKA, M. . Modeling languages for business **processes and business rules**: a representational analysis. *Information Systems*, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.is.2009.02.006>. Acesso em: 12 fev 2020.