



SUMÁRIO DOS TRABALHOS APRESENTADOS

ÁREA	TÍTULO	PÁGINA
BIOFÍSICA E FÍSICA MOLECULAR	Análise do papel da miosina Va na localização da FAK em miócitos H9c2 sob estresse genotóxico	Pág..1
	Caracterização biofísica e bioquímica de toxina ofídica de relevância médica e biotecnológica	Pág..2
	Cristalografia de proteínas efeitos e limites da dose de radiação.	Pág..3
	Espectro de absorção de antimicrobianos peptídicos R3F3 e R4F4 utilizando DFT	Pág..4
	Estudos estruturais teóricos do complexo formado entre o ectodomínio da proteína Spike do vírus SARS-CoV-2 ligado ao receptor ACE2 utilizando SAXS	Pág..5
	Limite de detecção de metais em tecido adiposo por transmissão de raios x estudos em simulação.	Pág..6
	Monitoramento por espectroscopia de fluorescência da sonda AHBA em membranas de misturas lipídicas contendo colesterol	Pág..7
	Proteção ocular de óculos de sol Cálculo do influxo de ultravioleta solar no olho	Pág..8
	Proteção ocular de óculos de sol Cálculo do influxo de ultravioleta solar no olho	Pág..9
	Simulação de espectros de ressonância paramagnética eletrônica usando o programa Non-Linear Least Squares (NLSL)	Pág..10
	Viabilidade e avaliação de dose resposta de células de câncer colorretal expostas à geoprópolis	Pág..11
BIOMAGNETISMO	AVALIAÇÃO DA MOTILIDADE GASTRINTESTINAL DE RATOS SUBMETIDOS AO MODELO DE DIARREIA VIA BIOSUSCEPTOMETRIA DE CORRENTE ALTERNADA	Pág..12
	Avaliação do impacto da prucaloprida no trânsito gastrointestinal e na biodisponibilidade de comprimidos magnéticos uma avaliação farmacomagnetografia baseada em Biosusceptometria AC	Pág..13
	Avaliação do impacto de parâmetros de escaneamento na estabilidade de reconstruções de imagens 2D quantitativas por biosusceptometria AC.	Pág..14
	Avaliação do perfil de internalização celular de nanopartículas magnéticas em células queratinócitos via Biosusceptometria AC	Pág..15
	Avaliação e imageamento da biodistribuição de nanopartículas magnéticas em condições de hepatocarcinogense associada à cirrose	Pág..16
	Avaliação por Biosusceptometria AC da influência de pressões e viscosidades na taxa de liberação e tempo de flutuação de comprimidos magnéticos flutuantes	Pág..17
	Biosusceptometria AC para Avaliação de Comprimidos Revestidos	Pág..18
	Biosusceptometria de Corrente Alternada para a Avaliação da Motilidade Gastrointestinal em Ratos Constipados	Pág..19
	Caracterização e Comparação dos Métodos de Biosusceptometria de Corrente Alternada (BAC) e Biosusceptometria de Corrente Alternada Acoplada com Magnetoresistores Anisotrópicos (BAC-AMR 3D).	Pág..20

XXVII CBFM – São Pedro



	DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO BIOMÉDICA DE UM NOVO SISTEMA DE DETECÇÃO BASEADO EM MAGNETÔMETROS DE BOMBEAMENTO ÓPTICO (OPMs)	Pág..21
	Desenvolvimento e aplicação de um novo modelo de ruído realista atrelado a Biosusceptometria AC	Pág..22
	Farmacomagnetografia de sistemas gastrorretensivos flutuantes in vivo em diferentes estados prandiais avaliados por Biosusceptometria AC.	Pág..23
	Implementação de novos métodos de Biosusceptometria AC para reconstrução 2D de imagens tomográficas quantitativas de traçadores magnéticos micro particulados por problema inverso	Pág..24
	Mecanismos de Liberação Farmacológica de Matrizes Hidrofílicas Avaliados Utilizando Biosusceptometria de Corrente Alternada Resultados Preliminares	Pág..25
	Novas abordagens de Biosusceptometria AC para o aumento de resolução espacial e reconstrução de imagens quantitativas em 3D de nanopartículas magnéticas.	Pág..26
	Propriedades de ruído atrelado a Biosusceptometria AC	Pág..27
	Sensores Magnetorresistivos Aplicados à Farmacomagnetografia	Pág..28
ENSINO DE FÍSICA MÉDICA	“Vamos falar de Proteção Radiológica ” - Um Podcast para todos	Pág..29
	A Liga Acadêmica de Física Médica da UNESP como projeto extensionista.	Pág..30
	Análise da dispersão de equipamentos e profissionais da Física Médica no Brasil	Pág..31
	Desafios na introdução da física radiológica em cursos de nível técnico de radiologia	Pág..32
	Disseminação do Conhecimento sobre a Física Médica nas Redes Sociais	Pág..33
	Empreendedorismo em Física Médica a atuação da Irradiation em projetos de impacto social	Pág..34
	Implementação de um Laboratório Virtual de Física Médica (LabFISMED)	Pág..35
	Simulação de um sistema tomográfico para uso veterinário implementado no código FLUKA modelagem do feixe de raios-x	Pág..36
FOTÔNICA	Caracterização óptica de phantoms de peles pigmentadas	Pág..37
	Desenvolvimento de lipossomas teranósticos para a terapia fototérmica	Pág..38
	Resistência Capilar uma alternativa robusta na avaliação da perfusão periférica.	Pág..39
	Termometria por ressonância magnética de suspensão de nanopartículas para terapia fototérmica	Pág..40
INOVAÇÕES EM PRODUTOS, PROCESSOS E TECNOLOGIAS EM SAÚDE	Aplicação da IA como ferramenta diagnóstica de COVID-19	Pág..41
	Bolus por Manufatura Aditiva Caracterização de Materiais	Pág..42
	Cálculo da Contaminação de Iodo-126 na produção do Iodo-125	Pág..43
	Classificação de imagens torácicas de pacientes com COVID-19 através da Tomografia Computadorizada utilizando algoritmo de Inteligência Artificial	Pág..44
	Estimação de Parâmetros para um Modelo Matemático de Células Tumerais Mamárias das Linhagens MCF-7 e MDA-MB-231	Pág..45
	Fonte de tensão variável de baixo ruído para polarização de dosímetro a gás controlada via comunicação remota	Pág..46

XXVII CBFM – São Pedro



	Modelagem matemática para Protonterapia de materiais biológicos via Monte Carlo	Pág..47
	Radioactive Seed Localization for Conservative Surgery of Nonpalpable Breast Cancer Recommendations for Technology Implantation Program	Pág..48
	Síntese de nanopartículas de ouro para aplicações em radioterapia.	Pág..49
	Uma Abordagem Quantitativa do Impacto da Empresa Júnior de Física Médica na Geração de Oportunidades no Mercado Empresarial	Pág..50
	Utilização de imagens computadorizadas para avaliação da densidade mineral óssea em frangos de corte	Pág..51
	Volumetria pulmonar utilizando algoritmos de Inteligência Artificial	Pág..52
MATERIAIS E SENSORES	Análise do titânio revestido com titanato de cálcio por difratometria de raio X (DRX)	Pág..53
	Desenvolvimento e caracterização de matrizes para simulação acústicas de tecido mole em ultrassonografia	Pág..54
	Elaboração de detector de raio-x de baixo custo com sensor LDR e plataforma Arduino	Pág..55
	Estudo numérico da influência dos fatores de perda em transdutores de ultrassom do tipo Langevin para entrega transdérmica de fármacos	Pág..56
	Impacto da armação para a proteção de óculos de sol	Pág..57
	Obtenção de Imagens Quantitativas Através Da Aplicação Do Problema Inverso Utilizando um Sistema Híbrido de Magnetorresistores Anisotrópicos e BAC	Pág..58
	Viabilidade dosimétrica de compósitos luminescentes à base de CaSO4 Tm,Li	Pág..59
MEDICINA NUCLEAR	Algoritmo de Inteligência Artificial (IA) para segmentação de lesões de linfoma em imagens de PET-CT com 2-[18F]FDG	Pág..60
	Aplicação de fonte linear para execução do teste de Velocidade da Mesa em Câmaras Cintilográficas e comparação com flood	Pág..61
	Avaliação de doses fetais e maternas em um procedimento de medicina nuclear usando Tc99m	Pág..62
	Comparação de achados anatômicos com percentual de perfusão pulmonar em exames de SPECT CT com software 3D Slicer	Pág..63
	Desenvolvimento de código para análise automatizada do teste do co-registro espacial de fontes multi-energéticas em gama câmaras	Pág..64
	Desenvolvimento de um modelo simples de Tomografo por Emissão de Pósitrons utilizando a eletrônica PETSYS TOFPET2	Pág..65
	Dosimetria interna pré-terapêutica para iodoterapia em Doença de Graves - Comparação de métodos	Pág..66
	Estimativa da produção do radioisótopo 99Mo por fotoativação via aceleração de plasma a laser no regime automodulado	Pág..67
	Estimativa de tempo de internação em isolamento radiológico de pacientes portadores de carcinoma diferenciado de tireoide (CDT) submetidos à 100 mCi de radioiodoterapia	Pág..68
	Machine Learning para identificação de fenótipos de Esclerose Múltipla	Pág..69
	Valor preditivo negativo do [99mTc]-ECD na doença de Alzheimer um estudo com SPM	Pág..70



PROCESSAMENTO DE SINAIS E IMAGENS	Alterações estruturais cerebrais de pacientes com diagnóstico de depressão avaliados por imagens de ressonância magnética	Pág..71	
	Atrofia cerebral em doença de Alzheimer avaliada por Imagens de Ressonância Magnética	Pág..72	
	Avaliação da U-Net na Segmentação de Tratos de Curta Extensão Utilizando Imagens Clínicas Convencionais	Pág..73	
	Avaliação de componentes Paramagnéticas e Diamagnéticas em Mapas Quantitativos de Susceptibilidade Magnética	Pág..74	
	Avaliação de esquema CADx em imagens de phantom na mamografia digital	Pág..75	
	Classificação de nódulos pulmonares em exames de tomografia computadorizada uma abordagem utilizando rede neural convolucional com imagens 3D	Pág..76	
	Conectividade funcional cerebral por ressonância magnética em repouso em pacientes com doença de Parkinson de novo	Pág..77	
	Determinação das propriedades ópticas de Tecidos da Pele Utilizando de Redes Neurais Artificiais e Imagens no Domínio da Frequência Espacial	Pág..78	
	Estudos patológicos por microtomografia de raios X	Pág..79	
	Identificação e caracterização de nódulos pulmonares por redes convolucionais	Pág..80	
	Mapas Quantitativos de Susceptibilidade Magnética em Cérebro Humano ex-vivo Correlação com Condições Experimentais	Pág..81	
	Medição Contínua da Pressão Arterial Através de Vídeos do Rosto	Pág..82	
	Quantificação da movimentação de órgãos em imagens 4D através de pontos identificados manualmente e automaticamente	Pág..83	
	Redes neurais de diferentes tamanhos na classificação imagens médicas em estudos-piloto impacto do número de amostras no treinamento	Pág..84	
	Riscos do uso de meios de contraste no radiodiagnóstico artigo de revisão	Pág..85	
	Trajetória de marcha canina com sensores inerciais integrados a SEMG	Pág..86	
	PROTEÇÃO RADIOLÓGICA E DOSIMETRIA	Caracterização da reprodutibilidade de detectores de LiF Mg, Ti utilizando dosímetros termoluminescentes de extremidade no modelo anel do IPEN no rod phantom com irradiações na grandeza Hp(0,07)	Pág..87
		Análise de materiais tecido-equivalente por meio do código de simulação Monte Carlo PENELOPE	Pág..88
Análise de metodologias para determinar a camada semirredutora de feixes de raios X		Pág..89	
Avaliação da estabilidade da solução de Fricke xilenol gel ao longo do tempo em diferentes condições de armazenamento		Pág..90	
Avaliação da resposta dosimétrica do gel MAGIC-f na presença de nanopartículas de prata		Pág..91	
Avaliação das doses absorvidas em trabalhadores em mina de urânio utilizando simulação Monte Carlo		Pág..92	
Avaliação de coeficientes de conversão alternativos para dosimetria em mamografia		Pág..93	
Avaliação de Protocolos Dosimétricos Para Exame de Tomografia Computadorizada de Tórax em Pacientes Pediátricos		Pág..94	

XXVII CBFM – São Pedro



Avaliação do desempenho de diferentes câmaras de ionização do tipo lápis em feixes de calibração	Pág..95
Avaliação do emprego de solução Fricke gel e gel polimérico na dosimetria em radioterapia empregando a técnica de CT Óptico.	Pág..96
Avaliação do impacto de diferentes modelos para cálculo do fator de forma de espalhamento na função de perda de energia (ELF) da água	Pág..97
Calibração de um arranjo de microeletrodos em feixes de radiodiagnóstico	Pág..98
Calibração de uma fonte de ⁹⁰ Sr utilizando filme radiocrômico	Pág..99
Caracterização da resposta de detector de diamante em feixe de radiodiagnóstico	Pág..100
Caracterização pelo Método Monte Carlo de um Monitor Individual de Nêutrons de Albedo para Avaliação de Dose de Fótons	Pág..101
Comparação da dependência temporal na qualidade de radiação N60 entre três detectores.	Pág..102
Comparação da resposta de dosímetros termoluminescentes de CaSO ₄ Dy em feixe de fótons e elétrons	Pág..103
Comunicação dos riscos e benefícios do uso da radiação ionizante em procedimentos médicos	Pág..104
Criação de um modelo de mama representativo da população para dosimetria em mamografia desafios e perspectivas.	Pág..105
Deposição de energia de íons na célula utilizando um modelo geométrico implementado em código FLUKA	Pág..106
Desenvolvimento de dosímetro Fricke xilenol gel para longo tempo de exposição	Pág..107
Desenvolvimento de um setup experimental para o estudo da influência de nanopartículas de metálicas em células tumorais irradiadas com feixe de megavoltagem	Pág..108
Desenvolvimento e Construção de uma Leitora de Sinal Luminescente Opticamente Estimulado (LOE)	Pág..109
Dose efetiva em pacientes durante procedimentos intervencionistas utilizando simulação Monte Carlo	Pág..110
Estimativa da dose glandular média usando curvas de dose em profundidade	Pág..111
Estimativa da dose ocupacional em eletrofisiologia cardíaca utilizando simulação Monte Carlo	Pág..112
Estudo de simulações Monte Carlo de curvas de PDP para diferentes energias de fótons com MCNP em um frasco de solução Fricke	Pág..113
Estudo de viabilidade em dosimetria para Braquiterapia de alta taxa de dose com fonte de Ir-192	Pág..114
Influência das característica da mama na distribuição de dose glandular em voxel	Pág..115
Investigação sobre o uso da dosimetria Fricke para radiação cósmica	Pág..116
Íons energéticos no tratamento de tumores o papel crucial dos elétrons de baixa energia	Pág..117
Monte Carlo calculation of air-kerma rate constants for different radionuclides	Pág..118



	Propriedades Dosimétricas do Fluoreto de Sódio (NaF) e Nanocompósitos de Prata	Pág..119
	Simulações dosimétricas computacionais de DBT de mama com e sem compressão	Pág..120
	Síntese e caracterização de nanopartículas de LiCaAlF ₆ Eu para uso em dosimetria de radiação ionizante	Pág..121
	Uso do código PENELOPE na otimização de um setup experimental para irradiação de culturas celulares na presença de nanopartículas metálicas	Pág..122
RADIODIAGNÓSTICO	A influência do BHC nos valores de N°CT para diferentes materiais	Pág..123
	Automatização da aquisição de dados radiológicos para determinação da Dose Glandular Média na mamografia	Pág..124
	Avaliação da exposição à radiação ionizante em uma equipe multidisciplinar em radiologia intervencionista cerebral	Pág..125
	Avaliação da influência de alguns parâmetros de varredura em testes de controle da qualidade (CQ) em sistemas de ultrassom (US)	Pág..126
	Avaliação da melhoria da qualidade das imagens de dupla-energia em mamografia realçada por contraste	Pág..127
	Avaliação da periodicidade do teste de qualidade da imagem em mamografia digital	Pág..128
	Avaliação de curvas características de sistemas eletrônicos de aquisição de imagens digitais em mamografia digital	Pág..129
	Avaliação de materiais de impressão 3D para fabricação de simuladores de mama usando método Monte Carlo	Pág..130
	Avaliação de processo de otimização de protocolo tomográfico para exames de crânio rotina em um Hospital Universitário	Pág..131
	Avaliação do desempenho de uma câmara monitora em feixes de referência para radiodiagnóstico	Pág..132
	Avaliação dos Testes de Controle da Qualidade em Equipamentos de Ressonância Magnética conforme a Instrução Normativa 97	Pág..133
	Caracterização de possíveis materiais tecido-equivalentes à mama usando espectrometria de raio-x	Pág..134
	Caracterização de sistemas de mamografia digital CR e DR indireto usando combinação anodofiltro de WAg	Pág..135
	Comparativo de energia depositada em diferentes composições de mama com simulação de Monte Carlo	Pág..136
	Controle de Qualidade de Transdutores Lineares e Convexos em Ultrassonografia	Pág..137
	CONTROLE DE QUALIDADE EM EQUIPAMENTOS DE HEMODINÂMICA EM FACE DA INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 91 DE 27 DE MAIO DE 2021	Pág..138
	DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS RADIOLOGICAMENTE EQUIVALENTES AO TECIDO ÓSSEO	Pág..139
	Desenvolvimento de Objetos Simuladores Antropomórficos de Mama Utilizando Técnicas de Manufatura Aditiva	Pág..140
	Desenvolvimento de um protótipo semiautomatizado para posicionamento de filtros para calibração em sistemas de radiação X	Pág..141
	Desenvolvimento de um Simulador Multimodalidade para Avaliação Rotineira da Qualidade de Imagens Radiológica	Pág..142
	Detecção Automática de Artefatos em Imagens de Ressonância Magnética	Pág..143

XXVII CBFM – São Pedro



Determinação de parâmetros otimizados de irradiação de um feixe de raios X de baixa energia para estudos em dosimetria biológica	Pág..144
Determinação de valores típicos de dose em mamografia digital	Pág..145
Diferença na dose glandular normalizada para diferentes tamanhos de implantes	Pág..146
Diferenciação de tumores primários e metástases solitárias cerebrais uma abordagem de aprendizado de máquina com distintos tamanhos de extração de texturas	Pág..147
Estimativa da densidade mamária usando Deep Learning desenvolvimento e validação	Pág..148
ESTIMATIVA DA DOSE EFETIVA EM PROCEDIMENTOS DE RADIOLOGIA INTERVENCIÓNISTA UTILIZANDO SIMULAÇÃO DE MONTE-CARLO	Pág..149
Exames de Recorrência em Pacientes submetidos a Tomografia Computadorizada	Pág..150
Implementação de um Sistema Automático de Ciência de Dose para Indivíduos Ocupacionalmente Expostos em um Hospital de Grande Porte	Pág..151
Inclusão da simulação da criação e transporte de pares elétron-buraco em detectores semicondutores no código Monte Carlo PENELOPE impacto na formação da imagem radiográfica	Pág..152
Metodologia de análise e acompanhamento da diferença de razão sinal ruído (SDNR) em equipamentos de raios X ao longo do tempo	Pág..153
Metodologia para Estabelecimento de Níveis de Referência em Diagnóstico (DRL) Institucionais em Tomografia Computadorizada (TC) de Tórax em Adultos	Pág..154
Métricas Quantitativas para Análise dos Resultados de Testes de Controle de Qualidade de Ultrassom	Pág..155
Monitoramento de Doses em Radiologia Diagnóstica e Intervencionista Estudo de Viabilidade de Implementação do Software OpenREM.	Pág..156
Níveis de Referência em Diagnóstico (DRL) em exames de Tomografia Computadorizada (TC) para avaliação de urolitíase em adultos	Pág..157
Otimização de exames raios X de tórax PA utilizando filtros adicionais com avaliação através do CDRAD Phantom e Simulação Monte Carlo	Pág..158
Procedimentos metodológicos para realização de CQ em monitores de laudo requisitos sanitários e recomendações internacionais	Pág..159
Programa para Avaliação Automática de Qualidade a partir de Imagens Digitais de Phantoms de Mama Padronizados	Pág..160
Proposta de Controle de Qualidade em Tomossíntese da Mama	Pág..161
Protótipo para obtenção simultânea de múltiplas imagens de raios X para aplicações biomédicas Resultados preliminares	Pág..162
Quantitativo de equipamentos de Ultrassom testados no Estado do Rio de Janeiro pelo Programa de Radioproteção em Saúde	Pág..163
Relação entre ruídos no ar e na aorta em tomografia computadorizada (TC) pediátrica de tórax	Pág..164
Tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) em Radioterapia guiada por imagem (IGRT) Dosimetria conforme Relatório TG-111 da AAPM	Pág..165
RADIOTERAPIA	
“Gd dose enhancement in PAGAT gel dosimeters irradiated with kilovoltage X-rays evaluated by Magnetic Resonance.”	Pág..166

XXVII CBFM – São Pedro



A Avaliação da Estabilidade Dosiômica Melhorou a Acurácia de Modelos de Aprendizado de Máquina de Classificação em Radioterapia	Pág..167
ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS MATEMÁTICOS NO DESENVOLVIMENTO DE UM ALGORITMO PENCIL BEAM PARA PROTONTERAPIA	Pág..168
Análise da fluência de fótons de um feixe direto para construção de um modelo de fonte virtual de um acelerador linear clínico em Monte Carlo	Pág..169
Análise de sistemas espacialmente fracionados para estudos em radiobiologia	Pág..170
APRIMORAMENTO DE UM SIMULADOR ANTROPOMÓRFICO BASEADO EM IMPRESSÃO 3D PARA DOSIMETRIA EM RADIOTERAPIA DE OLHO	Pág..171
Avaliação da atribuição de densidade eletrônica específica para artefatos em planejamentos 3D de radioterapia de mama e cabeça e pescoço	Pág..172
Avaliação da Precisão Geométrica no Tratamento de Múltiplos Alvos Utilizando o Sistema de Radiocirurgia Robótica CyberKnife	Pág..173
Avaliação do parâmetro de impacto da função paralela do TPS Monaco	Pág..174
Avaliação do uso de nanopartículas de ouro em aplicações de braquiterapia de HDR com ¹⁹² Ir Uma simulação por Monte Carlo	Pág..175
Avaliação dosimétrica de colpostatos de braquiterapia ginecológica produzidos a partir de impressão 3D	Pág..176
Avaliação dosimétrica de um aplicador para tratamento de lesões superficiais de pele em HDR utilizando filmes EBT3	Pág..177
Avaliação Dosiômica das Técnicas 3D, IMRT e VMAT de Radioterapia	Pág..178
Calibração, Verificação e Validação do sistema IVD Solutions para dosimetria in vivo em Irradiação de Corpo Total (TBI)	Pág..179
Comparação das doses depositadas por diferentes modelos de placas de Rutênio-106 em braquiterapia oftalmológica	Pág..180
Comparação dosimétrica de diferentes suavizações na IMRT de mama	Pág..181
Desempenho comparativo do código MCNP na simulação de diferentes tamanhos de feixes de irradiação de fótons de 6 MeV em solução Fricke para Física Médica.	Pág..182
Desenvolvimento de Nanocintiladores para Aplicação em Terapia Fotodinâmica Combinada à Radioterapia	Pág..183
Desenvolvimento de plataforma de movimentação 2D	Pág..184
Desenvolvimento de Programa para Previsão de Resultado de Análise Gama em Medidas de Garantia de Qualidade para Paciente Específico	Pág..185
Desmistificando o comissionamento de TSI	Pág..186
Deteção Automática do Teste de Winston-Lutz em Múltiplos alvos off-axis com único isocentro	Pág..187
Diferenças dosimétricas em tratamentos de mama esquerda com e sem uso de DIBH (Deep Inspiration Breath Hold)	Pág..188
Dose enhancement measurement generated by Gd compound in Electronic Brachytherapy using delaminated EBT3 radiochromic dosimeters	Pág..189
Efeitos de parâmetros radiobiológicos na TCP para radioterapia de mama	Pág..190
Enquete multi-institucional sobre os parâmetros de MLC no Brasil.	Pág..191

XXVII CBFM – São Pedro



Estudo Comparativo Entre Simulações dos Códigos de Monte Carlo FLUKA e TOPAS na Distribuição da Dose Longitudinal de Feixe de Prótons	Pág..192
Estudo da influência do número atômico efetivo no alcance de um feixe clínico de prótons em meios heterogêneos	Pág..193
Estudo do tempo de espera para tratamentos de Radioterapia	Pág..194
Estudo Dosimétrico Para a Implementação de Radioterapia Intraoperatória	Pág..195
Experiência do HCFMUSP com o módulo Pylinac em Controle da Qualidade na Radioterapia	Pág..196
Impacto da presença de nanopartículas metálicas no dano biológico durante irradiações com feixes de raios X	Pág..197
Implantação do Método da Substituição para Calibração de Câmaras de Ionização do Tipo Poço	Pág..198
Implementação de bolus personalizados usando impressora 3D	Pág..199
Implementação de um controle de qualidade para paciente específico em tratamentos com arco dinâmico no Clinac® Varian CX	Pág..200
Implementação técnica do Sistema Intrafraction Motion Review (IMR) utilizando a ferramenta Auto Beam Hold (ABH) para detecção de fiduciais.	Pág..201
Influência da Redução de Variância em simulações de Radioterapia com TOPAS MC	Pág..202
Influência do torque aplicado aos parafusos de frames estereotáxicos na definição das coordenadas de tratamento	Pág..203
Influência Dosimétrica da Inclusão da Mesa de Tratamento para Planejamentos de Radioterapia	Pág..204
Knowledge-Based VMAT plans with and without Avoidance Structure for hypofractionated early left breast cancer	Pág..205
Modelagem da mesa de tratamento no sistema de planejamento	Pág..206
Otimização e Controle de Qualidade no plano de tratamento com teste End-to-End	Pág..207
Produção de fonte polimérica de fósforo-32 para braquiterapia	Pág..208
Quantificação de radiodermite utilizando radiomics a partir de imagens digitais da pele.	Pág..209
SBRT para vértebras utilizando VMAT comparação entre planos com 2 arcos utilizando diferentes metodologias no TPS Monaco	Pág..210
Simulação Monte Carlo de colimadores GRID para estudos em pequenos animais	Pág..211
TBI do Hospital de Amor de Barretos um estudo epidemiológico	Pág..212
Um novo método de cálculo de pesos para curvas primitivas em picos de Bragg espalhados em protonterapia	Pág..213
Uso do sistema Clarity AutoScan 4D para monitoramento Intrafração em tratamentos de próstata	Pág..214
Utilização de câmaras tipo Farmer para dosimetria de feixes de elétrons	Pág..215
Validação de um Feixe de Fótons a Partir do Feixe de Elétrons Produzido Pela Interação dos fótons com o Meio Utilizando o Método de Monte Carlo	Pág..216

XXVII CBFM – São Pedro



	Verificação da acurácia do cálculo de dose na imagem de Cone-Beam CT (CBCT) utilizando curva de calibração específica baseada em fantoma, para casos de cabeça e pescoço (CP).	Pág..217
	Verificação de dose entregue pelo sistema de planejamentos de radioterapia em tratamento de cabeça e pescoço na técnica conformacional 3D	Pág..218
	Verificação End-to-End de SRS automatizada com HyperArc na plataforma TrueBeam	Pág..219
ULTRASSOM EM BIOMEDICINA	Desenvolvimento de simulações multidomínio para a análise da origem de artefatos na imagem fotoacústica	Pág..220
	Imagens térmicas baseadas em fotoacústica usando iluminação LED	Pág..221
	Nanopartículas multifuncionais revestidas por látex da borracha natural para aplicações teranósticas	Pág..222
	Plataforma de aquisição e processamento de Magnetoacustografia	Pág..223
	Simulador para controle de qualidade de equipamentos de ultrassonografia no modo doppler	Pág..224
	Sistema Portátil de Imagem Fotoacústica	Pág..225



Análise do papel da miosina Va na localização da FAK em miócitos H9c2 sob estresse genotóxico

Andrade, M.¹; Moretto, I.²; Santos, A.²; Thomaz, A.¹

Departamento de eletrônica quântica – Universidade Estadual de Campinas

Departamento de biologia celular e estrutural – Universidade Estadual de Campinas

Contato: mms.andrade@yahoo.com

Introdução: A cardiotoxicidade decorrente da quimioterapia com doxorubicina (doxo) pode evoluir para cardiomiopatia crônica e óbito. Estudos indicam que a quinase de adesão focal (FAK), pode ser um importante modulador da resposta ao dano no DNA em cardiomiócitos frente ao estresse genotóxico [1]. Resultados anteriores mostram que a FAK interage fisicamente com a miosina Va (myo Va) e essas proteínas estão co-localizadas em adesões focais e no núcleo das células em condições basais. O objetivo deste estudo foi verificar se o silenciamento da myo Va ou a inibição da atividade catalítica da FAK modulam a distribuição subcelular da FAK.

Materiais e Métodos: Imagens de microscopia de super-resolução por iluminação estruturada (SIM) de cardiomiócitos H9c2 tratados com doxo, fixados e processados para imunofluorescência utilizando-se anticorpos contra γ H2AX, myo Va, e FAK.

Resultados e discussão: Verificamos um aumento de 50% na concentração de FAK no núcleo após o tratamento com doxo em células silenciadas para myo Va. Além disso, verificamos que FAK e myo Va são encontradas em aglomerados proteicos (clusters), de 0,15 μm^2 em média, próximos aos sítios de dano ao DNA, sendo que a formação desses clusters não é afetada pela inibição da FAK nem o silenciamento da myo Va.

Conclusões: A análise de nossos dados indicam que a myo Va está ligada à remoção de FAK de diferentes compartimentos subcelulares, como os clusters proteicos e também o compartimento nuclear.

Referências bibliográficas

C. Z, *et al*: "Focal adhesion kinase antagonizes doxorubicin cardiotoxicity via", Journal of molecular and cellular cardiology, vol. 67, p21(Cip1.), Feb 2014.



Caracterização biofísica e bioquímica de toxina ofídica de relevância médica e biotecnológica

Augusto, B. S.; Scarpa, I.; Cardoso, F. F.; Fontes, M. R. M.

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Contato: beatriz.s.augusto@unesp.br

Introdução: As serpentes do gênero *Crotalus* são responsáveis pela maior taxa de letalidade entre os acidentes ofídicos no país, contra a qual há apenas a soroterapia. Contudo, a sua eficácia contra os efeitos locais pode ser comprometida, além de poder causar efeitos colaterais, justificando a constante busca de novos tratamentos.

Materiais e Métodos: O veneno crotálico foi fracionado por cromatografia líquida, isolando a sua principal toxina (CB). A atividade enzimática da CB e sua capacidade de neutralização por potenciais inibidores foram investigadas por hemólise indireta (HI). A estrutura secundária dos complexos CB/inibidores foi analisada por espectroscopia de dicroísmo circular (CD). Testes de cristalização da CB foram realizados em busca de monocristais viáveis para obtenção de sua estrutura quaternária.

Resultados e Discussão: O protocolo cromatográfico permitiu a coleta da CB em menor número de etapas e mesmo grau de pureza do protocolo original. A atividade enzimática da CB foi neutralizada em 54,1%, 33,1%, 40,8% pelos ácidos rosmarínico (R), aristolóquico (A) e varespladib (V). A CB e seus complexos com os inibidores apresentaram majoritariamente hélices- α , porém elipticidades distintas ao longo do espectro ($\approx 220 - 190$ nm). A fração de CB corresponde a 4 isoformas, trazendo limitações aos testes de cristalização, como apenas um caso de resolução estrutural da CB a partir dessa fração. As demais estruturas da CB foram elucidadas após o isolamento de isoformas. Deste modo, foi realizado o refinamento das condições de cristalização da fração de CB para obtenção das isoformas conhecidas e outras não identificadas.

Conclusão: As drogas R, A e V apresentaram os melhores resultados contra a HI induzida pela CB e, provavelmente, por mecanismos moleculares distintos. Assim, a cristalização da CB com tais inibidores nas condições refinadas permitirá a obtenção de suas estruturas e, conseqüentemente, do mecanismo de inibição envolvido.



Cristalografia de proteínas: efeitos e limites da dose de radiação.

Leonel, Silas.¹; Araujo, Evandro.²

LNLS – Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais

Contato: silas.miranda@lnls.br

Introdução: Aproximadamente 90% das estruturas de macromoléculas biológicas conhecidas foram resolvidas utilizando cristalografia de raios X (PDB), um exemplo foi a protease do SARS-COV-2 responsável pela pandemia da COVID-19. Por outro lado, a dificuldade em obter cristais bem ordenados com tolerância a altas doses de radiação é uma importante limitação desta técnica, com isso, a análise da dose absorvida pelos cristais surge como uma ferramenta para mitigar o dano sofrido pelos mesmos.

Materiais e Métodos: As amostras da proteína lisozima, tripsina e taumatina foram preparadas e cristalizadas para serem usadas em experimentos de difração de raios X em mono e múltiplos cristais. As análises da dose e danos por radiação serão realizadas no programa RADDOSE - 3D, além disso planejo estimar analiticamente a dose absorvida pelas amostras a fim de comparar com os resultados obtidos pelo software citado.

Resultados e Discussões: Utilizando os parâmetros cristalinos, do feixe de raios X e do protocolo experimental utilizado foi possível estimar a dose de radiação absorvida pelos cristais. Ademais, pretendemos analisar a dose absorvida variando a energia do feixe de 9 keV a 19 keV o que pode ter potenciais benefícios na dose acumulada pelas amostras.

Tabela 1: Estimativa de dose obtidas pelo RADDOSE-3D.

Crystal (PDB code)	6YBI	7BRX	6YBX
Average (DW) Dose (MGy)	0,017519	0,020048	0,032428
Last DWD (MGy)	0,027883	0,033409	0,057579
Elastic Yield (photons)	7,77E+07	5,63E+07	1,76E+08
Diffraction Efficiency(photons/MGy)	4,43E+09	2,81E+09	5,43E+09
Average Dose (MGy)	0,001267	0,001456	0,001516
Max Dose (MGy)	0,068293	0,059135	0,067887

Conclusões: Por conseguinte, as doses estimadas são menores do que o limite [1] entre 0,08 e 0,38 MGy estabelecido pela literatura para esse tipo de experimento.

Referências bibliográficas

[1] Garman, E., et al: “Radiation damage to biological samples: still a pertinent issue”. Publicado em JSR. v. 28 (set. de 2021).

Espectro de absorção de antimicrobianos peptídicos R_3F_3 e R_4F_4 utilizando DFT

Bordoni, Giulia; Amaral, Pamela; Colherinhas, Guilherme

Instituto de Física – Universidade Federal de Goiás

gpicciola@discente.ufg.br; pamelaamaral@discente.ufg.br; gcolherinhas@ufg.br

Introdução: Resistência bacteriana é uma das principais ameaças à saúde, conforme dados da OMS. Assim, há urgência em desenvolver novas abordagens terapêuticas para combater patógenos potencialmente resistentes a medicamentos tradicionais. Peptídeos surfactante são um grupo de agentes antimicrobianos promissores que possuem propriedades notáveis de automontagem, mais estáveis e resistentes à proteólise.

Materiais e Métodos: Este estudo avalia dois peptídeos R_3F_3 e R_4F_4 , ricos em arginina-R e fenilalanina-F, usando cálculos de DFT. A análise energético-estrutural das moléculas foram realizadas avaliando o conjunto de função base utilizado. Os modelos mais estáveis, em fase gasosa, foram utilizados para investigar as propriedades espectroscópicas de interesse que são úteis para obter um panorama mais realista precedendo análises que envolvem outras técnicas de simulação.

Resultados e Discussões: Nossos resultados destacam diferenças muito acentuadas para os dois fármacos em análise. Energeticamente, as estruturas podem ser consideradas convergidas quando obtidas com B3LYP/6-311G(2d,2p). Para o espectro de absorção destas moléculas, em fase gasosa, podemos observar $\Delta\lambda \approx 40$ nm no pico da absorção, caracterizando-as individualmente (Figura 1).

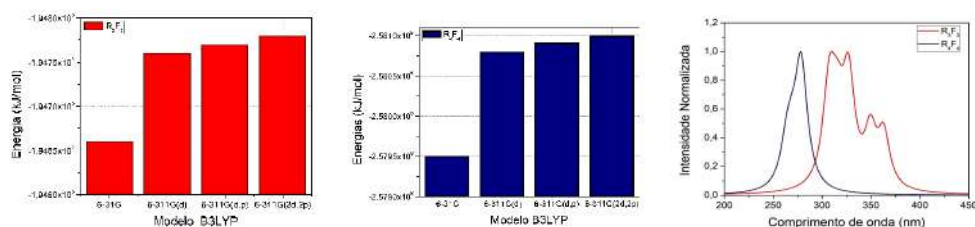


Figura 1: Convergência energética e espectro de absorção para R_3F_3 e R_4F_4 .

Conclusões: As estruturas estudadas apontam uma considerável diferença no espectro de absorção em função da quantidade de aminoácidos no peptídeo. Fato que pode ser crucial para designar futuras aplicações para estes candidatos à fármacos antimicrobianos.



Estudos estruturais teóricos do complexo formado entre o ectodomínio da proteína Spike do vírus SARS-CoV-2 ligado ao receptor ACE2 utilizando SAXS

Santos de Sousa, V.¹; Oliveira Neto, M.²

Departamento de Biofísica e Farmacologia – Instituto de Biociências de Botucatu –
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Contato: vinicius.s.sousa@unesp.br

Introdução: A região RBD da glicoproteína Spike do coronavírus quando ligado ao receptor celular humano ACE2 formam um complexo responsável por permitir a entrada do vírus na célula promovendo a COVID-19. Diante disso, o trabalho teve como objetivo realizar uma análise teórica das proteínas em solução a partir de simulações de curvas de SAXS utilizando estruturas proteicas cristalizadas do complexo com a Spike em sua forma nativa e suas variantes de preocupação (Alfa, Beta e Delta).

Materiais e Métodos: A partir de estruturas depositadas no PDB foram utilizados os programas do pacote ATSAS e o servidor da web FoXS para gerar as curvas de SAXS teóricas das proteínas e realizar os cálculos dos seus parâmetros estruturais (R_g e $D_{máx}$).

Resultados e Discussões: A análise dos resultados mostrou as mutações não alteram a forma das estruturas, entretanto, podem ser responsáveis pelas alterações dos seus parâmetros estruturais em solução.

Tabela 1: Parâmetros estruturais calculados das estruturas proteicas de código 7A94, 8DLJ, 7VXD e 7W98 a partir de suas curvas simuladas e de suas $p(r)$ geradas.

Programas	Parâmetros CRY SOL			Parâmetros FoXS			
	Códigos PDB	R_g (Guinier) (nm)	R_g (p(r)) (nm)	$D_{máx}$ (nm)	R_g (Guinier) (nm)	R_g (p(r)) (nm)	$D_{máx}$ (nm)
Nativa (7A94)		6,3	6,4	22,9	6,3	6,4	22,9
Alfa (8DLJ)		6,2	6,3	22,8	6,2	6,3	22,5
Beta (7VXD)		6,3	6,3	22	6,3	6,3	22
Delta (7W98)		6,2	6,2	21,4	6,2	6,3	21,6

Conclusões: É preciso ressaltar que existe a necessidade de se obter resultados experimentais de SAXS dessas estruturas, visando realizar uma melhor análise delas em solução e uma comparação adequada com suas estruturas cristalizadas, possibilitando um estudo mais concreto da predominância das variantes em relação a forma nativa da Spike.

Referências bibliográficas

Manalastas-Cantos K, *et.al*: ATSAS 3.0: expanded functionality and new tools for small-angle scattering data analysis. **J Appl Crystallogr.** v. 54, p. 343-355, 2015.

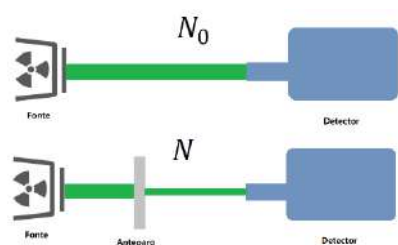
Limite de detecção de metais em tecido adiposo por transmissão de raios x: estudos em simulação.

Guimarães, E.R.¹; Rinkel, J.²

Departamento de Física Aplicada – Universidade Estadual de Campinas

Contato: emanuelrg.inst@gmail.com

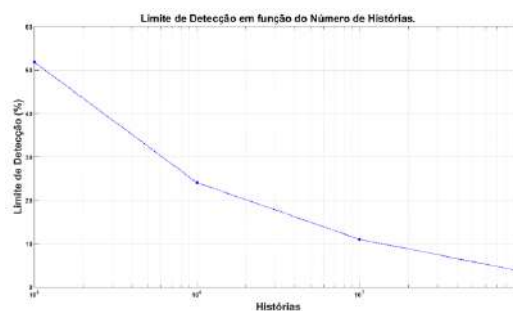
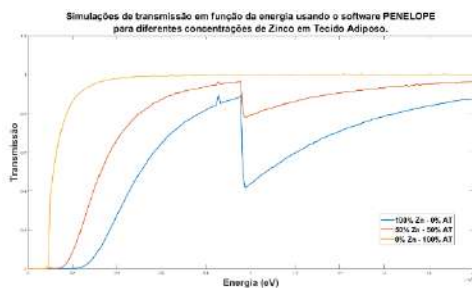
Introdução: Técnicas de fluorescência são predominantes na determinação de concentração de materiais. O presente trabalho consistiu num estudo de transmissão de raios x como possível técnica para determinação de concentração e o limite de detecção.



Materiais e Métodos: Para a realização das simulações, foi utilizado o software de simulação “PENELOPE”. Foi simulado um feixe estreito, polienergético, num detector ideal. O anteparo foi composto de tecido adiposo e zinco em diferentes

proporções.

Resultados e Discussões: As simulações se mostraram coerentes com a com os valores teóricos de transmissão. Foi obtido uma curva do limite de detecção em função do número de histórias.



Conclusões: As simulações mostraram que é possível utilizar o método de transmissão para cálculo de concentração de metais em tecido adiposo. Todavia, mais simulações e trabalhos experimentais devem ser feitos a fim de que os resultados sejam otimizados.



Monitoramento por espectroscopia de fluorescência da sonda AHBA em membranas de misturas lipídicas contendo colesterol

Mücke, B. E. D.¹; Marquezin, C. A.²

Instituto de Física^{1,2} – Universidade Federal de Goiás

Contato: brunamucke@discente.ufg.br

Introdução: Sondas fluorescentes hidrofóbicas no estudo de membranas modelo têm sido amplamente utilizadas, pois estas apresentam dinâmicas rotacionais diferentes para diversos ambientes lipídicos, sendo capazes de monitorar a fluidez da membrana e os mecanismos dependentes deste fator. Entretanto, a eficácia do uso de sondas fluorescentes anfipáticas deve ser avaliada uma vez que a localização dessas sondas na membrana pode causar uma falha no monitoramento das cadeias graxas. O objetivo deste trabalho é utilizar a sonda anfipática AHBA (2-Amino-N-hexadecil-benzamida) no estudo do comportamento de fase de membranas modelo compostas por misturas lipídicas e avaliar o comportamento desta na presença de colesterol, molécula conhecida por alterar as características da membrana.

Materiais e Métodos: utilizou-se os lipídios DLPC, DMPC, DPPC e DPPG em diferentes concentrações, diferentes concentrações de colesterol e 0,5 mM de AHBA. As vesículas foram preparadas via método de extrusão e monitoradas utilizando as técnicas de Espectroscopia de Fluorescência e Anisotropia de Fluorescência Estática.

Resultados e Discussões: a sonda AHBA foi capaz de monitorar a transição de fase dos lipídios sendo: DMPC a 23°C, DPPC a 41°C e DPPG a 42°C. Em relação às misturas lipídicas, obteve-se as seguintes temperaturas de transição de fase: DMPC/DPPC 75/25 (%/%) a 26°C, 50/50 a 35°C, 25/75 a 37°C, DLPC/DPPC 25/75 a 33°C, DPPG/DPPC 75/25 a 40°C, 50/50 a 41°C e 25/75 a 41°C. Não houve alterações da anisotropia do AHBA em diferentes concentrações de colesterol, diminuindo apenas a intensidade de fluorescência na presença do colesterol.

Conclusões: a sonda AHBA é apta a monitorar a transição de fase de bicamadas compostas por diferentes lipídios mas não apresentou alterações na anisotropia na presença de colesterol. Após encontrar a concentração ideal de colesterol será possível avaliar a confiabilidade do AHBA no estudo de moléculas hidrofóbicas.



Proteção ocular de óculos de sol: Cálculo do influxo de ultravioleta solar no olho

Masili, M.¹; Ventura, L.²

Departamento Engenharia Elétrica – Universidade de São Paulo

Contato: lilianeventura@usp.br

Introdução: A proteção ultravioleta (UV) dos óculos de sol é amplamente discutida na literatura especializada devido à sua associação com a catarata. Um dos aspectos é que o uso de óculos de sol é fundamental, pois podem levar ao efeito contrário, caso as lentes não proporcionem proteção UV adequada. O mecanismo principal e natural é que, sem o uso de óculos escuros e sob exposição solar, a miose reduz a incidência de radiação e protege o interior do olho. Além disso, as absorções da córnea e do humor aquoso devem ser consideradas. A armação dos óculos de sol desempenha um papel importante. Este trabalho trata do cálculo do influxo UV solar através da pupila do olho para fundamentar a segurança ocular e, por fim, a revisão de normas.

Materiais e Métodos: A situação típica que investigamos é a de um indivíduo, usando óculos escuros na posição vertical, exposto a condições atmosféricas descritas como céu claro, ou seja, sem nuvens e sem poluentes. Calculamos a irradiância e a exposição radiante para esta superfície vertical, simulando o espectro da radiação solar. Os cálculos foram para a latitude do centro geográfico de São Paulo ($-22^{\circ}04'11.8''$ S), Brasil, para todos os dias do ano, do nascer ao pôr do sol. No cálculo da luminância do elemento céu, utilizamos o modelo de distribuição de luminância da literatura. Neste trabalho, propomos uma melhoria na modelagem usando SMARTS2.

Resultados e Discussões: O diâmetro da pupila em função da luminosidade do ambiente foi calculado e o influxo relativo de UV através da pupila, com e sem os óculos, foi determinado usando a irradiância espectral solar incidente na córnea, a transmitância espectral da câmara anterior para a lente e a transmitância espectral das lentes dos óculos de sol medida por um espectrofotômetro.

Conclusões: o próximo passo é reunir todos os dados e fornecer limites mais adequados para a proteção UV dos óculos de sol a serem sugeridos para as normas, como temos contribuído nos últimos 26 anos. Apoio FAPESP 2021/12240-2.



Proteção ocular de óculos de sol: Cálculo do influxo de ultravioleta solar no olho

Masili, M.¹; Ventura, L.²

Departamento Engenharia Elétrica – Universidade de São Paulo

Contato: lilianeventura@usp.br

Introdução: A proteção ultravioleta (UV) dos óculos de sol é amplamente discutida na literatura especializada devido à sua associação com a catarata. Um dos aspectos é que o uso de óculos de sol é fundamental, pois podem levar ao efeito contrário, caso as lentes não proporcionem proteção UV adequada. O mecanismo principal e natural é que, sem o uso de óculos escuros e sob exposição solar, a miose reduz a incidência de radiação e protege o interior do olho. Além disso, as absorções da córnea e do humor aquoso devem ser consideradas. A armação dos óculos de sol desempenha um papel importante. Este trabalho trata do cálculo do influxo UV solar através da pupila do olho para fundamentar a segurança ocular e, por fim, a revisão de normas.

Materiais e Métodos: A situação típica que investigamos é a de um indivíduo, usando óculos escuros na posição vertical, exposto a condições atmosféricas descritas como céu claro, ou seja, sem nuvens e sem poluentes. Calculamos a irradiância e a exposição radiante para esta superfície vertical, simulando o espectro da radiação solar. Os cálculos foram para a latitude do centro geográfico de São Paulo ($-22^{\circ}04'11.8''$ S), Brasil, para todos os dias do ano, do nascer ao pôr do sol. No cálculo da luminância do elemento céu, utilizamos o modelo de distribuição de luminância da literatura. Neste trabalho, propomos uma melhoria na modelagem usando SMARTS2.

Resultados e Discussões: O diâmetro da pupila em função da luminosidade do ambiente foi calculado e o influxo relativo de UV através da pupila, com e sem os óculos, foi determinado usando a irradiância espectral solar incidente na córnea, a transmitância espectral da câmara anterior para a lente e a transmitância espectral das lentes dos óculos de sol medida por um espectrofotômetro.

Conclusões: o próximo passo é reunir todos os dados e fornecer limites mais adequados para a proteção UV dos óculos de sol a serem sugeridos para as normas, como temos contribuído nos últimos 26 anos. Apoio FAPESP 2021/12240-2.



Simulação de espectros de ressonância paramagnética eletrônica usando o programa Non-Linear Least Squares (NLSL)

Jadson Gabriel Ferreira¹, Guilherme Augusto Soares¹, Roberto Morato Fernandez¹

Departamento de Biofísica e Farmacologia – UNESP/Botucatu

Contato: morato.fernandez@unesp.br

Introdução: A ressonância paramagnética eletrônica (RPE) é uma técnica espectroscópica que estuda espécies paramagnéticas (marcadores de spin, metaloproteínas, radicais livres, ...). Os espectros de RPE são fortemente dependentes da mobilidade da sonda paramagnética. A fim de estudar o movimento dessa sonda, usamos o programa Non-Linear Least Squares (NLSL) para simular os espectros de RPE.

Materiais e Métodos: Para análise dos espectros de RPE nós usamos o Programa NLSL desenvolvido por Freed e colaboradores. Os parâmetros usados na simulação foram amplamente discutidos nos artigos científicos desse grupo e o melhor ajuste dos espectros foi feito pela análise dos mínimos quadrados.

Resultados e Discussões: Os parâmetros usados nas simulações dos espectros de RPE estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros do ajuste não-linear de mínimos quadrados de dispersões de DMPG

	A_{\perp} (G)	A_{zz} (G)	a_0 (G)	τ_{\perp} (ns)	S_{20}	a_0 (exp.)(G)	S_{eff}^6 (exp.)
5-PCSL							
DMPG	5.12	34.85	15.03	1.05	0.32	15.00 ± 0.05	0.42
12-PCSL							
DMPG	5.10	33.36	14.52	1.05	0.06	-	-

¹Foi usado o programa de mínimos quadrados desenvolvido pelo grupo de Jack H. Freed

Conclusões: A utilização do programa NLSL permitiu obter o parâmetro de ordem S_{20} , o tempo de correlação rotacional da sonda τ_{\perp} , o desdobramento hiperfino isotrópico a_0 e suas componentes A_{\perp} e A_{zz} .



Viabilidade e avaliação de dose resposta de células de câncer colorretal expostas à geoprópolis

Paterno, M. B. P.¹; Aal, M. C. E.¹ Fagundes, F. L. ¹; Delella, F. K.¹

¹Departamento Biologia Estrutural e Funcional Instituto de Biociências de Botucatu –
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Contato: m.paterno@unesp.br

Introdução: O câncer de colorretal possui progressão lenta e detecção tardia. A invasão se dá pela capacidade das células tumorais secretarem enzimas que degradam a matriz extracelular, permitindo a invasão e migração para outros órgãos. O tratamento pode ser feito com o quimioterápico 5-Fluorouracil (5-FU), possuindo alta toxicidade e se combinado com compostos naturais esses efeitos podem ser reduzidos. Este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da geoprópolis (GEO), isolada e combinada com 5-FU, sobre a viabilidade celular e atividade das enzimas MMP-2 e MMP-9 em células tumorais colorretais.

Materiais e Métodos: Na primeira etapa do projeto, avaliamos a ação de diferentes concentrações da GEO sobre a viabilidade de células de carcinoma de colorretal (HCT-116). Essa etapa de escolha da concentração do composto natural é crucial. Para isso, células HCT-116 foram cultivadas e expostas à GEO, através dos seguintes grupos experimentais: Controle (CT), Controle Veículo (CTv) e geoprópolis (GEO). A viabilidade celular, assim como possíveis níveis de citotoxicidade, foi avaliada através do ensaio colorimétrico de MTT (brometo de 3-[4,5-dimetil-tiazol-2-il-2,5-difeniltetrazólio).

Resultados e Discussões: Após 48 horas de exposição e estudo de diferentes concentrações de GEO (de 10 a 100µg, de 10 em 10µg), determinamos a dose de trabalho em 50µg, uma vez que nesta dose observamos que a taxa de viabilidade foi de 65,06% ±2,38 após 48 horas de exposição. Importante destacar que as células do grupo CTv não apresentaram diferença na viabilidade, quando comparado ao grupo CT.

Conclusões: Como próximos passos, serão avaliados migração celular e atividade das enzimas MMP-2 e MMP-9, essenciais no processo de invasão das células tumorais.



AVALIAÇÃO DA MOTILIDADE GASTRINTESTINAL DE RATOS SUBMETIDOS AO MODELO DE DIARREIA VIA BIOSUSCEPTOMETRIA DE CORRENTE ALTERNADA

Helena, G.L.¹; Stoppa, E.G.¹; Soares, G.A.¹; Brandão, V.M.¹; Buranello, L.P.¹; Miranda, J.R.A.¹

¹Departamento de Biofísica e Farmacologia – IB – UNESP Botucatu

Contato: gustavo.locatelli@unesp.br

Introdução: A diarreia é um distúrbio do trato gastrointestinal (TGI) caracterizado pelo aumento de evacuações e da liquidez das fezes. Alguns distúrbios podem alterar as atividades motoras do TGI. Há um aumento no número de estudos da acerca da diarreia, com isso mostra-se a necessidade de estudos capazes de oferecer uma metodologia completa para investigação de parâmetros biológicos referentes a motilidade gastrointestinal. As técnicas direcionadas para a avaliação da motilidade GI como marcação por carvão ativado e o banho de órgãos são inviáveis para avaliações *in vivo* pois requerem a eutanásia dos animais. Neste contexto, a BAC apresenta-se como uma técnica biomagnética não invasiva capaz de determinar a motilidade gastrointestinal *in vivo* em ratos submetidos ao modelo de diarreia.

Materiais e Métodos: Foram utilizados 15 ratos, divididos em dois grupos, controle e DRL, os animais do grupo DRL referem-se a etapa após o protocolo de indução do modelo de diarreia. Os animais ingeriram uma refeição teste contendo marcador magnético e após a ingestão foi realizado o monitoramento magnético medindo os valores de intensidade registrados pelo sistema Mono-BAC.

Resultados e Discussões: Através dos resultados obtidos, foi observado que os animais do grupo DRL apresentaram uma diminuição dos tempos médios de GE e OCT em relação ao grupo controle, resultando em uma diminuição do tempo de trânsito GI geral. Além de apresentarem um perfil de atividade de contração gástrica mais acelerado.

Conclusões: Em síntese, o sistema BAC foi capaz de detectar alterações na motilidade GI em modelos de diarreia de maneira *in vivo* apresentando-se como uma técnica promissora na compreensão dos mecanismos mecânicos da diarreia, além de possibilitar a aquisição de informações valiosas para o desenvolvimento de novas drogas direcionadas ao tratamento e redução de sintomas da diarreia.



Avaliação do impacto da prucaloprida no trânsito gastrointestinal e na biodisponibilidade de comprimidos magnéticos: uma avaliação farmacomagnetografia baseada em Biosusceptometria AC

Soares, G^{1.}; Barboza, J^{1.}; Stoppa, E^{1.}; Buranello, L^{1.}; Biasotti, G^{1.}; Almeida, M^{1.}; Willmann, R^{1.}; Miranda, J.¹

¹ Departamento Biofísica e Farmacologia – Universidade Estadual de São Paulo

Contato: guilherme.soares@unesp.br

Introdução: O objetivo deste estudo é avaliar como a administração de medicamentos procinéticos afeta a biodisponibilidade de medicamentos para distúrbios gastrointestinais. Através do uso de biosusceptometria de corrente alternada (BAC) e farmacomagnetografia (FMG), o estudo avaliou os efeitos da prucaloprida em tempo real na biodisponibilidade de um comprimido magnético e no trânsito gastrointestinal. O estudo busca fornecer informações úteis sobre a passagem de medicamentos no trato gastrointestinal.

Materiais e Métodos: O estudo examinou a farmacocinética de comprimidos magnéticos de metronidazol em 12 voluntários, antes e depois da administração de prucaloprida. O Multicanal e o Mono-BAC foram usados para monitorar a desintegração e o tempo de trânsito gastrointestinal, respectivamente. Além disso, registros magnéticos foram utilizados para calcular o tempo de esvaziamento gástrico e amostras de sangue foram coletadas para medir a concentração sérica de metronidazol em horários pré-determinados. Parâmetros como tempo para atingir a concentração máxima (T_{max}) e área sob a curva de concentração plasmática versus tempo (ASC) foram avaliados.

Resultados e Discussões: O estudo demonstrou que a prucaloprida acelera o trânsito gastrointestinal e reduz significativamente o tempo de trânsito e os parâmetros farmacocinéticos. O grupo tratado com prucaloprida apresentou um tempo médio para atingir um T_{max} de 34 minutos e uma ASC média de 534,4 $\mu\text{g.h/ml}$, enquanto o grupo placebo apresentou um tempo médio para atingir a T_{max} de 120 minutos e uma ASC média de 459,9 $\mu\text{g.h/ml}$.

Conclusões: O estudo constatou que a prucaloprida acelera o trânsito gástrico e do e aumenta a absorção do metronidazol, resultando em maior biodisponibilidade e resposta terapêutica mais rápida. O sistema MC e Mono-BAC é um método promissor para a detecção de comprimidos magnéticos no trato gastrintestinal.



Avaliação do impacto de parâmetros de escaneamento na estabilidade de reconstruções de imagens 2D quantitativas por biosusceptometria AC.

DELEIGO, A.V.F.¹; BIASOTTI, G.G.A.¹; BURANELLO, L. P.¹; STOPPA, E. G¹;
SOARES, G. A.¹; ALMEIDA, M. J. A.¹; WILLMANN, R. G.¹; MIRANDA, J. R. A¹.

¹ Departamento de Biofísica e Farmacologia – UNESP – Botucatu

Contato: ana.deleigo@unesp.br

Introdução: A biosusceptometria AC (BAC) é uma técnica biomagnética que magnetiza materiais magnéticos e detecta a tensão induzida através de bobinas de indução. Estudos mostraram a possibilidade de reconstruir imagens 2D e quantitativas através do problema inverso atrelado à BAC. Entender a relação entre o número de pontos de escaneamentos com a precisão na quantificação e na qualidade geométrica da imagem reconstruída é essencial para otimizar a resolução espacial e a resolução temporal. O trabalho visa desenvolver métodos computacionais que avaliem o impacto da variação do número de pontos do escaneamento BAC na qualidade das imagens quantitativas.

Materiais e Métodos: Foram construídos e simulados 8 cubos de dimensões 1x1x1 cm³ compostos por 350 mg de ferrita de manganês imobilizada em gesso. Esses foram dispostos em diferentes geometrias ao longo de um FOV de 5 × 5 × 1 cm³. Os sinais foram adquiridos experimentalmente e calculados computacionalmente com a translação do sensor ao passo de 0.5, 1 e 2 cm, totalizando 441, 121 e 36 pontos de escaneamento respectivamente. A resolução do problema inverso foi aplicada e foram obtidos os valores de coeficiente de correlação e diferença relativa percentual.

Resultados e Discussões: Escaneamentos com passo de 0.5 cm e 1 cm não apresentaram perdas na qualidade geométrica da reconstrução e quantificação. A 2 cm a quantificação e a qualidade geométrica das imagens foram prejudicadas. Limiares inferiores e superiores para que a qualidade da reconstrução seja preservada foram indicados.

Conclusões: Os resultados mostram que os impactos de variações de parâmetros podem ser avaliados através de simulações computacionais. Novos métodos podem ser desenvolvidos e caracterizados através de simulações para otimizar a resolução temporal, resolução espacial e a sensibilidade de diferentes aplicações BAC.



Avaliação do perfil de internalização celular de nanopartículas magnéticas em células queratinócitos via Biosusceptometria AC

Buranello, L.P.¹; Soares, G.A.¹; Stoppa, E. G. ¹; Brandão, V.M.¹; Gustavo, L. H. ¹; Miranda, J.R.A.¹

¹Departamento de Biofísica e Farmacologia – IB UNESP Botucatu

Contato: lais.buranello@unesp.br

Introdução: Entre as vias de administração, a administração tópica de medicamentos permite localizar o fármaco na pele em terapias direcionadas e principalmente contornar o metabolismo de primeira passagem no organismo quando administrados via oral. A eficácia de medicamentos administrados via tópica dependem das suas propriedades farmacológicas e sua viabilidade no local de ação. Desta forma, metodologias vem sendo desenvolvidas com o intuito de caracterizar o processo de ação dos medicamento quando em contato com o tecido epitelial, como análises *in vitro* através da cultura celular. Além disso, os avanços na nanotecnologia permitiram o uso de agentes nanoestruturados que visam atuar na resolução de adversidades relacionadas à biodisponibilidade e toxicidade. Entre os agentes nanoestruturados, as nanopartículas magnéticas (NPMs) como carreadores de medicamentos podem atuar no aumento da especificidade, biodisponibilidade e na eficácia terapêutica. Desta forma, o objetivo deste trabalho consistiu em realizar o processo de internalização celular de nanopartículas magnéticas em células epiteliais, utilizando a técnica de Biosusceptometria de Corrente Alternada (BAC) para monitoramento e caracterização deste processo.

Materiais e Métodos: Foram cultivadas células da linhagem queratinócitos (HaCat), mantidas em meio de cultura suplementado com soro fetal bovino, em estufa a 37° C, com 5% de CO₂. Após atingirem a confluência, foi realizado o processo de tripsinização, contagem e plaqueamento das células. Após este processo, as nanopartículas magnéticas (MnFe₂O₄) revestidas de citrato (Cit-NPMs) foram interagidas com as células, e monitorado este processo em diferentes tempos (1h, 6h, 12h e 24h). As amostras contendo as partículas que não aderiram a superfície da placa (sobrenadante) e as aderidas (partículas com células) foram avaliadas no sensor BAC Cavidade. Também foi realizado análise via microscopia eletrônica para confirmação do processo de internalização.

Resultados e Discussões: Os resultados via intensidade de sinal mostraram que poucas Cit-NPMs ficaram em suspensão, que a maioria ficou aderida na placa de cultivo. A microscopia mostrou que poucas NPMs de fato entraram nas células, grande parte ficou aderida a membrana celular, devido as células HaCat serem de uma linhagem de células seletiva. Desta forma, as próximas etapas do projeto consistem em encapsular as NPMs com lipídios ou polímeros com o intuito de facilitar o processo de internalização, contribuindo para a obtenção de melhores resultados e futuros testes *in vivo*.

Referências bibliográficas: Santini, B., Zanoni, I., Marzi, R., Cigni, C., Bedoni, M., Gramatica, F., ... & Colombo, M. (2015). Cream formulation impact on topical administration of engineered colloidal nanoparticles. PLoS One, 10(5), e0126366.

Quini, C. C., Próspero, A. G., Kondiles, B. R., Chaboub, L., Hogan, M. K., Baffa, O., ... & Miranda, J. R. (2019). Development of a protocol to assess cell internalization and tissue uptake of magnetic nanoparticles by AC Biosusceptometry. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 473, 527-533.



Avaliação e imageamento da biodistribuição de nanopartículas magnéticas em condições de hepatocarcinose associada à cirrose

Willmann, R. G.¹; Soares, G.¹; Biasotti, G. G. A.¹; Brandão V. M.¹; Almeida M. J. A.¹; Deleigo, A. V. F.¹; Miranda, J. R. A.¹;

Departamento Biofísica e Farmacologia – UNESP

Contato: r.willmann@unesp.br

Introdução: As nanopartículas magnéticas (MNPs) podem atuar como sondas multifuncionais para diagnóstico e tratamento de doenças. Estudos mostram que, ao serem introduzidas de forma intravenosa, as MNPs tendem a acumular no tecido hepático, tornando-se uma opção viável para o estudo de doenças hepáticas. O uso da biosusceptometria AC (BAC), um detector de material magnético baseado em um arranjo gradiométrico de bobinas, permite estudar a biodistribuição das MNPs em sistemas biológicos, permitindo uma avaliação baseada em aquisição de imagens e dados *in vivo* e *ex vivo*. Essa metodologia oferece uma opção minimamente invasiva e livre de radiação ionizante para o diagnóstico por imagem de doenças hepáticas, associando MNPs como traçadores e o sistema BAC como detector.

Materiais e Métodos: 20 ratos Wistar machos foram divididos em dois grupos: um tratado com solução salina e submetido a um protocolo de indução de cirrose com injeções de Dietilnitrosamina (DEN) e Tioacetamida (TIO). Os ratos receberam injeções intravenosas de MNPs (32mg/kg) e foram monitorados com o sistema BAC para avaliar sua biodistribuição. Os resultados foram obtidos por imageamento estático dos fígados e análise individual dos lóbulos hepáticos.

Resultados e Discussões: De acordo com os dados de biodistribuição, observamos que houve maior captação de NPMs nos fígados do grupo controle. Isso ocorre devido às alterações que um fígado em estado cirrótico sofre, como a capilarização sinusoidal devido à arterialização do parênquima e o aparecimento de fístulas. Essas e outras mudanças tornam o parênquima hepático quase desprovido de uma fração de sangue, o que dificulta a captação das NPMs.”

Conclusões: O sistema BAC foi capaz de monitorar e quantificar MNPs em condições saudáveis e cirróticas, fornecendo informações valiosas para o diagnóstico e tratamento de distúrbios hepáticos. Este sistema, quando combinado com MNPs, pode oferecer um método acessível, de baixo custo e livre de radiação para avaliar funções biológicas em distúrbios. Com melhorias futuras, o sistema BAC pode se tornar comparável à imagem por partículas magnéticas e à magnetorelaxometria.



Avaliação por Biosusceptometria AC da influência de pressões e viscosidades na taxa de liberação e tempo de flutuação de comprimidos magnéticos flutuantes

Silva, M.P.P.¹; Rodrigues, G.S.²; Barboza, J.M.³; Brandão, V.M.⁴; Stoppa, E.G.⁵; Helena, G.L.⁶; Soares, G.A.⁷; Miranda, J.R.A.⁸.

Departamento de Biofísica e Farmacologia – Instituto de Biociências de Botucatu – UNESP

Contato: mpp.silva@unesp.br

Introdução: Atualmente tem se desenvolvido amplamente formas farmacêuticas para liberação controlada de fármaco, com o intuito de obter tratamentos mais eficazes e de melhor aceitação ao paciente. Os sistemas gastrorretensivos são um tipo de liberação controlada de fármacos, cujo objetivo é aumentar o tempo de retenção gástrica (TRG) de formas farmacêuticas sólidas (FFS). Os sistemas flutuantes são sistemas que apresentam baixa densidade e possuem capacidade de flutuar sobre o conteúdo gástrico e permanecer no estômago sem afetar a taxa de esvaziamento gástrico por um período prolongado. Isso resulta em um melhor controle na concentração plasmática do fármaco liberado. O emprego de técnicas biomagnéticas, como a Biosusceptometria AC (BAC) para avaliar FFS flutuantes no TGI tem mostrado bons resultados. O objetivo deste trabalho é avaliar de forma *in vitro* o tempo de início de flutuação (*Floating Lag Time*- FLT) e a taxa de liberação de comprimidos magnéticos flutuantes de sistemas gastrorretensivos magneticamente marcados, promovendo a liberação controlada de uma droga modelo (metronidazol) sob diferentes pressões e viscosidades, simulando diferentes segmentos do estômago humano em diferentes estados prandiais.

Materiais e Métodos: Neste trabalho, foram usadas quatro soluções com diferentes viscosidades (320, 120, 50 e 1mPa.s), para cada solução foram aplicadas 3 pressões diferentes (atm, 150 e 300 mmHg). Após a inserção do comprimido magnético foram avaliados o FLT e a taxa de liberação do metronidazol no meio. O dispositivo BAC-Mono (Monocanal) foi empregado para avaliar em tempo real o processo de início de flutuação da FFS a partir de escaneamento e posterior formação de imagem magnética do mesmo

Resultados e Discussões: Os resultados mostraram que o aumento de pressão não apresentou diferença significativa na taxa de liberação nos diferentes meios, porém aumentou significativamente o FLT dos comprimidos. Já as diferentes viscosidades apresentaram diferenças significativas tanto no FLT como na taxa de liberação, principalmente para o meio de 320 mPa.s.

Conclusões: Os resultados indicam que de acordo com o aumento da viscosidade, uma camada densa ao redor do comprimido é formada, de maneira que o fluxo de fluido para o interior do mesmo ocorra de forma mais lenta, retardando a reação com o núcleo do comprimido.



Biosusceptometria AC para Avaliação de Comprimidos Revestidos

Lima, L.M.¹; Stoppa, E.G.¹; Helena, G.L.¹; Brandão, V.M.¹; Soares, G.A.¹; Miranda, J.R.A.¹

¹Departamento de Biofísica e Farmacologia – IB UNESP Botucatu

Contato: marcello.lima@unesp.br

Introdução: A via oral é a forma de administração de fármaco mais utilizada, sendo ainda alvo de estudos da indústria farmacêutica na obtenção de novas formulações que aperfeiçoem os parâmetros farmacocinéticos baseando-se nas características do trato gastrointestinal (TGI). Sendo as formas farmacêuticas sólidas (FFS) as mais utilizadas por serem preparadas de maneira que o fármaco seja liberado de modo contínuo ou controlado em determinados locais do TGI. Nas FFS é de comum uso o revestimento por películas poliméricas pH dependentes para promover a liberação do conteúdo interno em um determinado local do TGI. O Eudragit® E-100 é um polímero frequentemente empregado no revestimento de FFS, sendo solubilizado em pH <5. A partir do conceito de pH gástrico influenciar indireta ou diretamente parâmetros farmacocinéticos, pode-se supor que a biodisponibilidade de fármacos administrados via oral também seja influenciada. Sendo assim, há uma relação entre as propriedades fisiológicas do TGI, como o pH, e as propriedades farmacotécnicas do comprimido, como o tipo de revestimento e a solubilidade do fármaco. Isso caracteriza a importância de analisar os mecanismos de liberação do fármaco, assim como suas alterações frente as variações no meio gástrico.

Materiais e Métodos: Para este estudo, foram sintetizados, por compressão direta de 30kN 220 comprimidos, revestidos com Eudragit® E-100, constituídos por 500mg de ferrita e 100mg de Metronidazol como fármaco modelo. Para a realização das medidas, um sistema BAC com multisensores foi posicionado horizontalmente ao lado de um recipiente contendo 900 mL de meios de dissolução padronizados com diferentes valores de pH. O sinal foi adquirido por 25 segundos, o comprimido foi inserido 25 segundos após o início sendo medidos 325 segundos até o fim do processo.

Resultados e Discussões: Os resultados analisados por meio do sistema BAC indicaram alta efetividade de dissolução do revestimento e liberação de 100% do fármaco em relação ao tempo quando submetidos a 1.2 e 2.0 pH. Foi observado que, os comprimidos submetidos a um pH acima de 3.0 apresentaram aumento no tempo necessário para o fármaco começar a ser liberado, sendo o pH 6.0 o de maior impacto no tempo para a liberação total do fármaco.

Conclusões: Em síntese, a BAC se mostrou capaz de avaliar o processo de dissolução do revestimento e desintegração de comprimidos magnéticos revestidos sua aplicação demonstrou que a alteração do pH pode interferir na dissolução do revestimento de comprimidos magnéticos revestidos com Eudragit E-100. Apresentando-se seguro para posteriores investigações e aplicação *in vivo*.



Biosusceptometria de Corrente Alternada para a Avaliação da Motilidade Gastrointestinal em Ratos Constipados

Stoppa, E.G.¹; Soares, G.A.¹; Helena, G.L.¹; Buranello, L.P.¹; Miranda, J.R.A.¹

1 - Departamento de Biofísica e Farmacologia – IB – UNESP Botucatu
Doutorando: Contato: e.stoppa@unesp.br

Introdução: A constipação é um distúrbio do trato gastrointestinal (TGI) caracterizado por evacuações, fezes duras e secas e desconforto abdominal. Alguns dos principais mecanismos etiológicos da constipação estão relacionados diretamente às alterações na fisiologia do TGI, o que faz necessário a aplicação de técnicas e ferramentas para a avaliação da motilidade gastrointestinal GI em modelos de constipação. Para isso o modelo de constipação através do cloridrato de loperamida é o mais comumente utilizado para a avaliação da motilidade GI. Técnicas direcionadas para determinar a motilidade GI como marcação por carvão ativado e o banho de órgãos são inviáveis para avaliações *in vivo* pois requerem a eutanásia dos animais. No presente trabalho, foi empregado a Biosusceptometria de corrente alternada (BAC), uma técnica para detecção de materiais magnéticos não invasiva para avaliar a motilidade GI em ratos constipados de forma *in vivo*. Foram avaliados parâmetros de trânsito GI, como o esvaziamento gástrico (GE), trânsito orocecal (OCT), trânsito oroanal (OATT) e taxa de eliminação de pellets fecais (FPER). A atividade de contração gástrica e colônica também foi avaliada e determinada.

Materiais e Métodos: Os animais foram divididos aleatoriamente em dois grupos: grupo CONTROLE, que corresponde ao momento antes da indução do cloridrato de loperamida, e grupo LOP, que corresponde ao momento após a indução do cloridrato de loperamida. A constipação foi induzida no grupo LOP por meio da administração oral de cloridrato de loperamida (5 mg/kg) uma vez ao dia por sete dias consecutivos, o atual modelo de constipação induzida por loperamida foi baseado em um protocolo publicado anteriormente¹. No dia das medias magnéticas via BAC, os animais jejuaram por 12 horas e ingeriram uma refeição teste contendo micropartículas de ferrita de manganês para posterior monitoramento através da técnica BAC e determinação dos parâmetros referentes a motilidade gastrointestinal.

Resultados e Discussões: Foi observado que os animais constipados apresentaram uma mudança no padrão de frequência de contração gástrica e também um perfil de arritmicidade e alteração geral das frequências de contração colônica, indicando à dismotilidade mecânica do cólon. Essas alterações nas frequências impactaram no aumento do GE, OCT, OATT e o prolongamento da FPER, observados no grupo constipado, resultando no aumento do tempo de trânsito GI geral.

Conclusões: Em síntese, o sistema BAC foi capaz de detectar alterações na motilidade GI em modelos de constipação de maneira *in vivo* apresentando-se como uma técnica promissora na compreensão dos mecanismos mecânicos da constipação, além de possibilitar a aquisição de informações valiosas para o desenvolvimento de novas drogas direcionadas ao tratamento e redução do processo de constipação.

Referências bibliográficas:

Eor, J.Y.; Tan, P.L.; Lim, S.M.; Choi, D.H.; Yoon, S.M.; Yang, S.Y.; Kim, S.H. Laxative effect of probiotic chocolate on loperamide-induced constipation in rats. *Food Research International* **2019**, *116*, 1173-1182.



Caracterização e Comparação dos Métodos de Biosusceptometria de Corrente Alternada (BAC) e Biosusceptometria de Corrente Alternada Acoplada com Magnetorresistores Anisotrópicos (BAC-AMR 3D).

Brandão, V.M.¹; Soares, G.A.¹; Helena, G.L.¹; Stoppa, E.G.¹; Barboza, J.M.¹; Silva, M.P.P.¹; Willmann, R.G.; Miranda, J.R.A.¹

¹Departamento de Biofísica e Farmacologia – IB UNESP Botucatu

Contato: v.brandao@unesp.br

Introdução: A busca por métodos alternativos de detecção de materiais magnéticos aumentou de forma significativa ao longo do tempo, visto que, técnicas como SQUID, MPI e MRI, apesar de, fornecer alta qualidade de imagens e detecção e serem livres de radiação ionizante, apresentam-se como métodos de elevado custo operacional, exigindo ambiente blindado para seu funcionamento. A Biosusceptometria de Corrente Alternada (BAC) e a técnica híbrida BAC com magnetorresistores anisotrópicos BAC-AMR 3D oferecem maior viabilidade para detecção de materiais magnéticos *in vitro* e *in vivo* para aplicações didáticas, pelo fato de ambas se apresentarem com custo muito reduzido.

Materiais e Métodos: No trabalho foi realizado uma caracterização e comparação entre os métodos BAC e BAC-AMR 3D, analisando os testes realizados, associar as técnicas com diferentes metodologias e finalidades. Para obtenção dos resultados foram realizados testes de sensibilidade tangencial, axial, determinação da curva de calibração, simulação de contração *in vitro*, análise do comportamento de resposta frente a variação de frequências e escaneamento de uma matriz.

Resultados e Discussões: O sistema BAC apresentou maior sensibilidade e intensidade de sinal, sendo mais relevante para medidas pontuais *in vitro* e *in vivo*, por outro lado, a possibilidade de análise de mais duas componentes de detecção torna a técnica BAC-AMR 3D ideal para medidas que necessitem de maiores informações espaciais.

Conclusões: A partir dos resultados foi possível concluir que as técnicas foram eficientes para tal detecção, podendo ser escolhidas de acordo com a finalidade da metodologia a ser aplicada. Com o intuito de se obter imagens quantitativas de maior qualidade, a exploração do sistema BAC-AMR 3D mostra-se promissor, já que, o fornecimento de mais duas componentes de detecção, oferecem maior sustentabilidade para tal resolução.



DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO BIOMÉDICA DE UM NOVO SISTEMA DE DETECÇÃO BASEADO EM MAGNETÔMETROS DE BOMBEAMENTO ÓPTICO (OPMs)

Stoppa, E.G.¹; Soares, G.A.¹; Buranello, L.P.¹; Biasotti G.G.¹; Brandão, V.M.¹; Miranda, J.R.A.¹

1 - Departamento de Biofísica e Farmacologia – IB – UNESP Botucatu

Doutorando - Contato: e.stoppa@unesp.br

Introdução: A Biosusceptometria de corrente alternada (BAC) é uma técnica magnética de detecção fundamentada no uso de bobinas de indução. Apesar de bem consolidada, a BAC possui limitações principalmente na sensibilidade de detecção de materiais magnéticos, o que limita principalmente a aplicação *in vivo* da técnica BAC. O desenvolvimento de novos arranjos de bobinas e o uso de diferentes tipos de sensores magnéticos pode colaborar no desenvolvimento de uma nova instrumentação com maior sensibilidade e resolução na detecção de campos magnéticos. Os sensores do tipo magnetômetros de bombeamento óptico (OPM) são capazes de detectar campos magnéticos na mesma escala de sensibilidade que sensores do tipo SQUID (da ordem de fT/\sqrt{Hz}) e não necessitam de resfriamento. Devido a sua sensibilidade, os sensores OPM estão sendo propostos para uma gama de aplicações na área de nanotecnologia e saúde. Dessa forma, este trabalho tem o intuito de propor o desenvolvimento de uma nova instrumentação para detecção de campo magnético baseado em um Biosusceptômetro híbrido OPM-BAC e aplicar na determinação da biodistribuição e captação hepática de NPMs, imagens quantitativas *in vivo*, na determinação da atividade de contração gástrica *in vivo* e medidas *in vitro* e em humanos direcionadas para farmacocinética.

Materiais e Métodos: *In vitro:* Para determinar parâmetros referente a formas farmacêuticas sólidas, foram confeccionados diferentes comprimidos magnéticos variando a concentração de material magnético (mg) e mantendo a força de compressão em 70 KN. Foram elaboradas duas formulações, contendo 50 mg e 100 mg de micropartículas de ferrita de manganês. A partir disso o valor de $t_{1/2}$ foi determinado através de um ajuste exponencial e corresponde ao tempo médio de desintegração do comprimido magnético. *In vivo:* Após a ingestão da refeição contendo o traçador magnéticos, os animais foram anestesiados utilizando o isoflurano (4,0% de indução e 1,5% de manutenção) e posicionados em decúbito dorsal horizontal. Posteriormente o sensor OPM foi posicionado sobre a superfície abdominal na região anatômica do estômago por 30 minutos para aquisição e posterior análise da frequência de contração gástrica. Para o monitoramento e determinação do perfil de biodistribuição, tempo de circulação e avaliação da função hepática das NPMs dois sensores OPMs foram posicionados na região anatômica do coração e do fígado simultaneamente e o sinal foi adquirido por 60 minutos.

Resultados e Discussões: Para a concentração de 50 mg o tempo médio de desintegração $t_{1/2}$ foi de 49,7 segundos e para 100 mg o tempo médio de desintegração $t_{1/2}$ foi de 54,3 segundos. Os valores foram bem próximos e coerentes, já que para ambas as formulações a força de compressão utilizada foi de 70 KN. Em relação as medidas *in vivo*, foi possível determinar a atividade de contração gástrica, bem como o perfil de biodistribuição e captação hepática de NPMs de maneira inédita utilizando sensores do tipo OPM.

Conclusões: Em suma os sensores OPM apresentaram alta sensibilidade e elevará o nível de aplicações biológicas *in vivo* em diversas vertentes e colocará o Brasil em um novo patamar na área de biomagnetismo direcionado para aplicações físicas e biomédicas.



Desenvolvimento e aplicação de um novo modelo de ruído realístico atrelado a Biosusceptometria AC

Almeida, M. J. A.¹; Willmann, R. G.¹; Buranello, P. L.¹; Stoppa, E. G.¹; Biasotti, G. G. A.¹; Soares, G. A.¹; Miranda, J. R. A.¹.

¹ Instituto de Biociências - UNESP - Botucatu;

Contato: mj.almeida@unesp.br

Introdução: A Biosusceptometria de Corrente Alternada (BAC) é uma técnica biomagnética usada para avaliar parâmetros fisiológicos e farmacotécnicos *in vitro*, *in vivo* e *ex vivo*. É possível estabelecer a distribuição de concentração de traçadores magnéticos TMs e obter imagens de alta resolução. A matriz de sensibilidade do sistema é definida agrupando fatores como o modelo de aquisição do sinal e os componentes do sensor. Essa matriz pode ser obtida *in vitro* ou *in silico*, sendo este último uma alternativa mais acessível. Ruídos realistas devem ser incluídos nas simulações *in silico* para tornar os resultados mais confiáveis. O objetivo foi desenvolver modelos de ruído realista para otimizar o sistema BAC por meio de simulações computacionais.

Materiais e Métodos: Foi desenvolvido o sistema virtual BAC, foram construídos objetos simuladores. Através da tipagem do TM utilizado e suas características magnéticas, definimos os métodos de aquisição, realizamos a caracterização e modelagem dos ruídos, construímos a matriz sensibilidade do sistema BAC *in silico* e realizamos a quantificação dos TMs e a estimativa de sensibilidade. Para validação foram calculados os valores de diferença percentual relativa absoluta X_{diff} e o coeficiente R .

Resultados: Mostraram que os valores de X_{diff} e coeficiente R *in silico*, pós aplicação do modelo computacional de ruído desenvolvido, foram próximos aos valores em comparação com as medidas *in vitro*, o que é esperado devido a variações randômicas introduzidas pelo ruído na simulação.

Conclusão: Essa perspectiva nos possibilita realizar novas simulações com maior eficiência, resultando em economia de tempo e recursos destinados à experimentação e confecção de novos protótipos.

Farmacomagnetografia de sistemas gastrorretensivos flutuantes *in vivo* em diferentes estados prandiais avaliados por Biosusceptometria AC.

Rodrigues, G. S.¹; Willmann, R. G.¹; Barbosa, J. M.¹; Miranda, J. R. A.¹

Departamento Biofísica e farmacologia – ¹ Instituto de Biociências - UNESP - Botucatu;

Contato: Gustavo.serafim@unesp.br

Introdução: O estudo de formas farmacêuticas de liberação controlada têm sido alvo de estudos ao longo dos anos. Dentre as formas farmacêuticas de liberação controlada, existem os sistemas gastrorretensivos flutuantes (SGF). No entanto, estes sistemas são influenciados por uma série de fatores que afetam a sua eficácia (fisiológicos e farmacotécnicos). A Biosusceptometria de Corrente Alternada (BAC) despontou como uma técnica biomagnética inovadora para avaliar os (SGF) *in vivo*. Com isso, a proposta desse trabalho foi em empregar a técnica de BAC para avaliar os (SGF) no estômago de voluntários saudáveis em diferentes estados prandiais e realizar a denominada farmacomagnetografia.

Materiais e Métodos: Após a ingestão do comprimido magnético pelos voluntários, foram realizados monitoramentos de 15 em 15 minutos utilizando um monosensor BAC e coletas de sangue (5 ml) de 30 em 30 minutos, até o esvaziamento gástrico. Para o monitoramento foram desenhadas grades de pontos (13x13) na região de projeção gástrica de cada voluntário (previamente determinada). Todos os voluntários receberam refeição padrão 4h após o início da medida.

Resultados e Discussões:

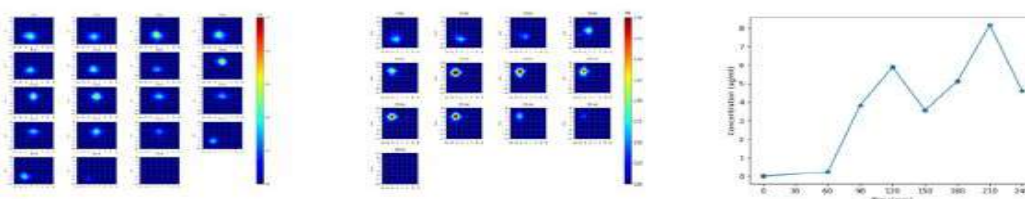


Figura 1- Tempo de início de flutuação (FLT), tempo de retenção gástrica (TRG) e curva de concentração sérica do metronidazol ao longo do tempo, nas duas fases do experimento.

Conclusões: Juntamente com os dados magnéticos, a análise farmacocinética através da curva de concentração sérica, nos possibilitou realizar a farmacomagnetografia de forma eficaz, atrelando dados magnéticos e farmacocinéticos de forma conjunta.



Implementação de novos métodos de Biosusceptometria AC para reconstrução 2D de imagens tomográficas quantitativas de traçadores magnéticos micro particulados por problema inverso

Buranello, L.P.¹; Biassoti, G. G. A. ¹; Próspero, A. G.^{2,3}; Stoppa, E. G. ¹; Soares, G.A.¹; Deleigo, A. V. F.¹; Miranda, J.R.A.¹

¹Departamento de Biofísica e Farmacologia – IB UNESP Botucatu

² Grupo RTCON - Soluções Em Radioterapia, São Paulo, SP; ³ Setor De Radioterapia, Hospital de Base de Brasília, Brasília, DF

Contato: lais.buranello@unesp.br

Introdução: As micro partículas magnéticas (MPMs) são matérias com grande potencial para sistemas de entrega direcionada de fármaco. Entretanto, para melhores informações e eficiência do processo de direcionamento é necessário técnicas capazes de detectar, localizar e imaginar as MPMs dentro do organismo. Desta maneira, a Biosusceptometria de Corrente Alternada (BAC) é uma técnica biomagnética capaz de detectar e realizar o imageamento quantitativo das MPMs *in vitro*, *ex vivo*, *in vivo* e em tempo real. Os resultados obtidos até o momento são reconstruções restrita a aquisição em um único plano e quantitativas, devido a aplicação do problema inverso. Desta maneira, o objetivo deste trabalho consistiu no emprego de um novo arranjo de sensores BAC que permite a aquisição em diferentes projeções, gerando imagens tomográficas quantitativas de uma distribuição de MPMs.

Materiais e Métodos: O novo arranjo consiste em um arranjo octogonal, formado por oito sensores BAC convencional, composto por bobinas detectoras e excitadoras disposto em uma geometria circular. Esta configuração formada por múltiplas bobinas de detecção e excitação permitiu o teste de diferentes métodos de aquisição (fixo e transladado) e configurações de ativação das bobinas: i) um sensor ativo (detectora/excitadora) independentemente por vez; ii) um sensor ativo com a ativação da excitadora do sensor oposto; iii) oito pares de bobinas de excitação foram ativados em sequência, com seis bobinas de detecção ativas simultaneamente quando cada bobina de excitação estava ativa; iv) mesma configuração do iii) com adição da excitadora oposta. Avaliamos a estabilidade da solução do problema inverso através do κ (numero de condições) e CV (coeficiente de variação). Para a avaliação das reconstruções de cada um dos métodos foi utilizado um fantoma composto por cinco cubos de ferrita de manganês (formando uma cruz). Os parâmetros avaliados foram o coeficiente de correlação (CC) e a precisão na quantificação (X_{diff}).

Resultados e Discussões: A ativação dos sensores em sequenciamentos não triviais resultou no aumento do número de informações não-mutuas, dando maior estabilidade da solução do problema inverso. O método transladado apresentou melhor CC e X_{diff} em relação ao fixo em todas as configurações, devido ao maior número de informações adquiridas ao transladar o sistema em cinco diferentes posições. Entre as configurações, a iii) apresentou melhores parâmetros devido a adição de bobinas de detecção que resultou em uma melhor reconstrução, em consequência da quantidade de informações adicionadas na resolução do problema inverso. Os resultados apresentados podem auxiliar no desenvolvimento de futuras metodologias BAC para sistemas de entrega de medicamentos direcionados, contribuindo para uma localização mais precisa de materiais micro magnéticos.



Mecanismos de Liberação Farmacológica de Matrizes Hidrofílicas Avaliados Utilizando Biosusceptometria de Corrente Alternada: Resultados Preliminares

Barboza, J.M.¹; Silva, M.P.P.¹; Rodrigues, G.S.¹ Brandão, V.M.¹; Stoppa, E.G.¹;
Buranello, L.P.¹; Soares, G.A.¹; Miranda, J.R.A.¹

¹Departamento de Biofísica e Farmacologia– Universidade Estadual Paulista (UNESP-
Botucatu)

Contato: jm.barboza@unesp.br

Introdução: Atualmente as formas farmacêuticas sólidas (FFS) como os comprimidos são amplamente utilizadas devido a facilidade de estabelecimento de terapêuticas simples, não invasividade e baixo custo. Nesse âmbito apresentam-se sistemas de liberação prolongada como as matrizes hidrofílicas, que apresentam o polímero HPMC em sua composição fazendo com que ocorra o intumescimento da FFS pela formação de uma camada de gel, prologando a liberação farmacológica. Dentre os métodos para a avaliação *in vitro* das FFS, se faz presente a Biosusceptometria de Corrente Alternada (BAC), uma metodologia biomagnética que foi provada capaz de avaliar o comportamento de diversas FFS *in vitro* e *in vivo* em estudos realizados anteriormente pelo grupo.

Materiais e Métodos: Foram elaboradas cinco diferentes formulações de matrizes hidrofílicas magnéticas, variando o tipo e quantidade de HPMC em cada formulação, sendo utilizada a ferrita de manganês como traçador magnético e a nimesulida como fármaco modelo. Após a confecção das cinco formulações, são realizados testes de friabilidade, massa, altura e diâmetro médios das matrizes, e posteriormente realizados testes de uptake, dissolução e escaneamentos magnéticos utilizando o monossensor BAC.

Resultados e Discussões: Em consequência das análises foi possível confirmar o mecanismo de intumescimento das matrizes por meio dos testes de uptake e escaneamentos magnéticos, sendo realizada a quantificação de área magnética e também a construção de imagens em ambiente Python®. O perfil de dissolução da nimesulida foi obtido por meio do ensaio de dissolução. Os resultados indicam que nas formulações onde existe a predominância de polímero HPMC de baixa viscosidade, o mecanismo de intumescimento é prejudicado e as matrizes de liberação prolongada apresentam comportamento de comprimidos desintegrantes ao longo do tempo. Por outro lado, nas formulações onde existe um equilíbrio na viscosidade dos polímeros ou predominância de polímeros mais viscosos, o intumescimento não foi prejudicado, apresentando uma sólida e consistente camada de gel, características intrínsecas de sistemas de liberação prolongada.

Conclusões: O estudo nos permite inferir que a BAC é eficiente na avaliação do comportamento *in vitro* de mais uma FFS, a matriz hidrofílica. Partindo desse estudo será possível selecionar a melhor dentre as 5 formulações, que virá ser utilizada em protocolo *in vivo* com voluntários humanos hígidos, a fim de analisar seu comportamento no TGI humano.

Novas abordagens de Biosusceptometria AC para o aumento de resolução espacial e reconstrução de imagens quantitativas em 3D de nanopartículas magnéticas.

Biasotti, G. G. A.¹; Buranello, L. P.¹; Stoppa, E. G.¹; Alvarez, M. D. T.¹; Deleigo, A. V. F.¹; Almeida, M. J. A.¹; Soares, G. A.¹; Prospero, A. G.^{2,3}; Miranda, J. R. A.¹.

¹Departamento de Biofísica e Farmacologia – IB - Universidade Estadual Paulista (UNESP)

²Grupo RTCON Soluções em Radioterapia, São Paulo – SP

³Setor de Radioterapia, Hospital de Base de Brasília, Brasília – DF

Contato: gabriel.biasotti@unesp.br

Introdução: A biosusceptometria AC (BAC) é uma técnica baseada em magnetizar e detectar a magnetização de traçadores magnéticos (TM) distribuídos em tecidos biológicos. Apesar da técnica já ter sido aplicada para avaliar diversos parâmetros da fisiologia gastrointestinal e da farmacologia, a BAC é restrita a imagens bidimensionais e com resolução espacial próxima à 1 cm. O objetivo desse trabalho é desenvolver novos métodos de BAC para a obtenção de imagens 3D com maior resolução espacial.

Materiais e Métodos: O sensor BAC é composto por 2 pares de bobinas de indução e atua como um transformador duplo de fluxo magnético. Neste trabalho é apresentada a metodologia de escaneamento utilizando bobinas de indução adicionais para gerar campo magnético e detectar a magnetizar em outros pontos do espaço. Nos resultados iniciais foram verificadas a resolução espacial da técnica proposta em frente ao modelo padrão.

Resultados e Discussões: A Figura 1 mostra a reconstrução nominal e as reconstruções por problema inverso. Foram estimados os valores do coeficiente de correlação para verificar a qualidade geométrica das reconstruções. O novo método foi capaz de realizar reconstrução com voxels de 2 mm e foi capaz de resolver estruturas tridimensionais.

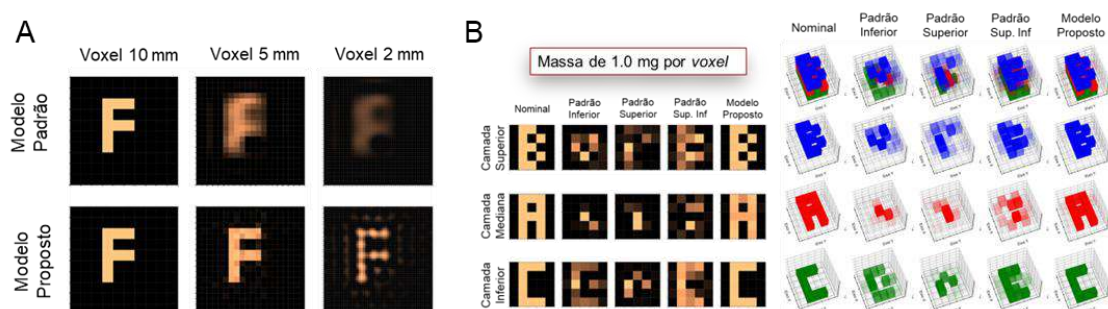


Figura 1. A) Imagens 2D de $10 \times 10 \text{ cm}^2$ com diferentes tamanhos de *voxel* de cubos de 400 mg de NPMs, distribuídos em formato da letra F, para o modelo de escaneamento padrão e o modelo proposto e B) imagens 3D através de diferentes perspectivas do modelo padrão e o modelo proposto para cubos de 1 mg de NPMs distribuídas em formato das letras B, A e C.

Conclusões: Os resultados indicam a possibilidade do aumento de resolução e reconstrução tridimensionais com a técnica BAC. Existem grandes expectativas para expandir a metodologia aqui apresentada para técnicas de imagens dinâmicas.



Propriedades de ruído atrelado a Biosusceptometria AC

Almeida, M. J. A.¹; Willmann, R. G.¹; Biasotti, G. G. A.¹; Soares, G. A.¹; Miranda, J. R. A.¹.

¹ Instituto de Biociências - UNESP - Botucatu;

Contato: mj.almeida@unesp.br

Introdução: Com a alta utilização de Traçadores Magnéticos (TMs) em aplicações biomédicas, a técnica biomagnética de Biosusceptometria AC (BAC) tem sido utilizada para detectar, quantificar e gerar imagens de parâmetros farmacológicos e da fisiologia gastrointestinal utilizando TMs. No entanto, o ruído intrínseco do sistema BAC delimita o nível de detecção do sistema. Porém, a BAC apresenta um ruído que delimita o nível de detecção do sistema, portanto um melhor estudo das influências e características desse ruído torna-se necessário. Este trabalho teve como objetivo analisar e quantificar o ruído intrínseco do sistema BAC mono canal (B1C) em frente a diferentes condições experimentais.

Material e métodos: Para isso foram realizados três tipos de medidas: na primeira o ruído foi adquirido variando a amperagem de excitação do sistema B1C, na segunda foi adquirido o sinal de diferentes massas de TM fixando uma única amperagem de excitação do sistema e na terceira o sinal foi adquirido fixando uma única massa de TM só que dessa vez variando a amperagem de excitação.

Resultados: Foi analisado o espectro probabilístico dos sinais, encontrando um perfil Gaussiano. Medimos a FWHM dessa função para avaliar o quão aleatório é o ruído do sistema e o sinal do material. Observamos que, conforme aumentava a amperagem de excitação, a largura da FWHM também aumentava, devido ao efeito Joule no fio da bobina e às flutuações térmicas na faixa de ruído. O aumento da massa de TMs torna o ruído mais desordenado, identificado pelo aumento da FWHM, que é crescente devido às possibilidades de configurações dos domínios magnéticos do material.

Conclusão: Com esses resultados, pode-se entender como o ruído intrínseco do sistema responde a essas diferentes condições aplicadas nas medidas. Em função disso podemos melhorar a qualidade de modelos computacionais e teóricos do sistema BAC.



Sensores Magnetorresistivos Aplicados à Farmacomagnetografia

Brandão, V.M.¹; Soares, G.A.¹; Helena, G.L.¹; Buranello, L.P.¹; Barboza, J.M.¹; Silva, M.P.P.¹; Willmann, R.G.; Miranda, J.R.A.¹

¹Departamento de Biofísica e Farmacologia – IB UNESP Botucatu

Contato: v.brandao@unesp.br

Introdução: O desenvolvimento de formas farmacêuticas para liberação controlada de fármacos tem aumentado significativamente ao longo dos anos, com o objetivo de se obter um tratamento mais eficaz. Dentre as possibilidades de sistemas de liberação controlada de fármacos, destacam-se as que utilizam comprimidos revestidos com polímeros pH-dependentes, como o Eudragit® E-100. Para que ocorra a absorção do fármaco, o comprimido precisa passar por processos que incluem a dissolução do revestimento e a desintegração do comprimido. Os sensores magnetorresistivos funcionam através de sua resistividade variável e diretamente proporcional ao campo magnético aplicado, o que permite aquisições magnéticas muito precisas ao tratar do comportamento de comprimidos magnéticos revestidos. Desta forma, a proposta desse trabalho consistiu em avaliar a influência de diferentes forças compressão nos processos de dissolução do revestimento Eudragit® E-100 e desintegração dos comprimidos magnéticos, em um meio gástrico simulado com pH 1.2.

Materiais e Métodos: Para este estudo, foram preparados os comprimidos magnéticos contendo três diferentes forças de compressão: 30kN, 50kN e 70kN. Para a realização das medidas, o sensor foi posicionado verticalmente abaixo do recipiente contendo 500mL de solução com pH 1,2 e o comprimido foi inserido no centro do sensor, ocorrendo aquisições no período padronizado de 600s.

Resultados e Discussões: Os resultados revelaram um pequeno aumento no tempo de dissolução do revestimento (TDR) entre as forças de 30kN e 50kN e um aumento significativo entre os comprimidos com forças de 50kN e 70kN. A diferença no tempo é dada justamente pela força de compressão, a qual é diretamente proporcional ao tempo de dissolução do comprimido. Além disso, também ocorreram as mesmas relações com o tempo de desintegração dos comprimidos (TDC) e $t_{1/2}$.

Conclusões: A utilização de sensores magnetorresistivos se mostrou eficaz na avaliação *in vitro* do comportamento de comprimidos magnéticos, apresentando uma metodologia sólida para posteriores investigações e aplicação *in vivo*.



“Vamos falar de Proteção Radiológica?” - Um Podcast para todos

Alves, G.A.A.¹; Silva, M.²; Valença, J.V.B.¹; Pianoschi, T.A.¹; Yoshizumi, M.T.¹

¹Grupo de Física Médica Experimental e Computacional, UFCSPA, Porto Alegre, Brasil

²Curso de Bacharelado em Enfermagem, UFCSPA, Porto Alegre, Brasil

Contato: georgia.alves@ufcspa.edu.br

Introdução: Os podcasts estão sendo cada vez mais reconhecidos como uma plataforma eficaz para contribuir na formação contínua dos profissionais de saúde. Por ser uma ferramenta muito eficiente e democrática para divulgação sobre vários temas, o podcast pode ser utilizado para desmistificar ideias incorretas sobre a radiação ionizante e abordar a Proteção Radiológica (PR). A escolha da temática foi embasada na lacuna existente na formação superior de diversos profissionais da área da Saúde. Dessa forma, o principal objetivo do projeto foi elaborar um podcast visando o estímulo à cultura de PR para as comunidades acadêmica e externa, assim como profissionais da área da saúde.

Materiais e Métodos: O aplicativo ‘Anchor’, disponível gratuitamente para aparelhos com sistema Android e iOS, foi a ferramenta utilizada para a produção de mídia gravada. As escolhas e desenvolvimento dos temas foram baseadas em materiais de referência da área como, por exemplo, da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA). A gravação vem sendo realizada pelos membros do grupo.

Resultados e Discussões: A identidade visual e o nome do podcast ("PodRadiation: Um Podcast para Todos") já foram definidos conforme figura 1. Foi desenvolvido o episódio piloto intitulado ‘Radiação no nosso dia a dia’. Continuo estudo dos temas, para embasar os episódios seguintes, está em andamento, assim como, serão elaboradas inserções da ferramenta em disciplinas específicas da Graduação.



Figura 1: Identidade visual do Podcast

Conclusões: Concluímos que o podcast pode ser mais que um instrumento de entretenimento é um veículo de transmissão de informação que pode ser usado para atingir o propósito do estímulo à uma cultura de Proteção Radiológica.



A Liga Acadêmica de Física Médica da UNESP como projeto extensionista.

DELEIGO, A.V.F.¹; GOMES, L.P.¹; ALMEIDA, C.B.¹; MININEL, T.V.¹; GAVIOLI, V.D.¹; SILVA, B.A.¹; SILVA, M.F.T.¹; HORMAZA, J.M.¹

¹Departamento de Biofísica e Farmacologia – UNESP – Botucatu

Contato: ana.deleigo@unesp.br

Introdução: As Ligas Acadêmicas são organizações estudantis sem fins lucrativos que buscam promover oportunidades para seus membros participarem de atividades didáticas, científicas, culturais e sociais relacionadas a uma determinada área acadêmica. Elas são gerenciadas pelos próprios estudantes com orientação de docentes e têm como objetivo integrar as atividades de pesquisa, ensino e extensão. A Liga Acadêmica de Física Médica (LIFIM) foi estruturada para criar um espaço multidisciplinar que fomente a discussão, construção, interação e realização de atividades práticas curriculares e extracurriculares para seus membros. Portanto, como projeto universitário, a LIFIM visa auxiliar na formação universitária dos estudantes, proporcionando experiências ampliadas e muito além daquelas obtidas nos moldes tradicionais da formação profissional.

Materiais e Métodos: Conteúdos que viabilizam a física na medicina são promovidos via Instagram através de publicações conscientizadoras e informativas com caráter objetivo. A Liga proporciona palestras com temas relacionadas a Física Médica que contribuem como aprofundamento para os conceitos vistos em sala de aula. Essas são realizadas através de convidados que estão no mercado de trabalho ou nos meios acadêmicos. Eventos que visam a integração entre estudantes de diferentes universidades e cursos, troca de ideias e experiências já estão previstos para serem realizados esse ano por meio de Simpósios

Resultados e Discussões: O principal meio de divulgação científica e conscientizadora da Liga é o Instagram, que nos últimos 90 dias obteve um alcance de 1516 contas. As palestras promovidas contaram com 97 inscrições no total. O SOLIFIM (Simpósio Online da Liga Acadêmica da Física Médica) é um evento promovido pela LIFIM de maneira online que permitirá aos alunos, professores e profissionais da área da saúde uma oportunidade única de atualização e aprofundamento em temas relacionados à Física Médica. Esse já teve mais de 80 inscrições de diferentes universidades. O SLIBB (Simpósio das Ligas Acadêmicas do Instituto de Biociências) é um simpósio promovido de maneira presencial pela união das Ligas Acadêmicas do Instituto de Biociências da UNESP de Botucatu. As inscrições para o SLIBB abriram recentemente e esperam-se mais de 100 pessoas dos diferentes cursos do Instituto de Biociências.

Conclusões: Através dos projetos realizados, a LIFIM espera que os estudantes sejam apresentados ao mercado de trabalho e as novas tendências da vida acadêmica. Espera-se também que os posts e atividades de conscientização e informativa chegue na população alvo e desenvolva interesse na área do ensino de Física. É desejável que os simpósios contribuam com a integração entre estudantes de diferentes universidades e a troca de ideias e experiências para o fortalecimento da área.



Análise da dispersão de equipamentos e profissionais da Física Médica no Brasil

Giarola, R.S.¹; Gomes, B.O.²

¹ Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina – USP

² Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP

Contato: rodrigo.giarola@hc.fm.usp.br

Introdução: Estudos demográficos e de distribuição de recursos físicos, humanos e estruturais na área médica são, cada vez mais, objeto de interesse. Tais dados permitem a avaliação do sistema de saúde e impactam diretamente na gestão, avaliações de políticas públicas e investimentos dos setores público e privado. O acesso à saúde da população brasileira apresenta iniquidade: contrariando a Constituição Federal do Brasil de 1988 que garante a universalização do acesso à serviços de saúde. As perspectivas e escolhas de profissionais da saúde também são influenciadas pela disparidade da oferta e necessidade de profissionais. Há escassez de estudos para a Física Médica. O objetivo desse trabalho é apresentar o panorama dos serviços médicos que utilizam radiações ionizantes para tratamento e diagnóstico, centros formadores de graduação e residências em física médica e medicina, relacionando os dados a população de cada região do país.

Materiais e Métodos: A distribuição no país foi avaliada estatisticamente para equipamentos (terapia e diagnóstico), centros formadores de Físicos Médicos (graduação e residência), especialistas para cada área e população. Os dados foram obtidos de plataformas: IBGE, DATA-SUS, ABFM, SBRT, CBR e SBMN.

Resultados e Discussões: A região sudeste apresenta 56% de todos os equipamentos do país, enquanto tem 42% da população. A região nordeste apresenta a menor quantidade de equipamentos por população. 66% das vagas de graduação dos 15 cursos de graduação do país estão no Sudeste. Para as residências em Física Médica (FM) 76% das vagas estão no Sudeste e não há residências no norte e centro-oeste. 74% dos cursos de graduação em FM do país são públicos.

Conclusões: A desigualdade na distribuição de recursos e formação de profissionais por região é notória: o sudeste concentra mais da metade de todos os recursos. Para que o Brasil avance no acesso é necessário um grande investimento em todo o país.



Desafios na introdução da física radiológica em cursos de nível técnico de radiologia

Nascimento, G.¹; Rodrigues, O.¹; Potiens, M.P.A.¹

Laboratório de Calibração de Instrumentos – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nuclear

Contato: gabrielgn@alumni.usp.br

Introdução: Com o aumento constante na busca por uma profissão nos últimos anos, as instituições de ensino começaram a aumentar a diversidade do seu corpo discente. Entre os diversos cursos visados, quando focamos na área da saúde a radiologia é um dos cursos mais procurados. Entretanto, estudos apontam que grande parte dos ingressantes no curso buscam somente um bom salário com uma jornada de trabalho reduzida. Com interesse em desmistificar o conhecimento em física dos alunos de um curso técnico em radiologia, questionários foram elaborados e preenchidos pelos discentes, com intuito de conhecer os alunos e a realidade do conhecimento em física radiológica nas instituições abordadas.

Materiais e Métodos: As informações foram organizadas utilizando a plataforma de formulários do google (*google forms*), 10 questões alternativas foram elaboradas, sendo perguntas de apresentação pessoal e de conhecimentos específicos. Cada uma das 08 salas abordadas foi apresentada à ideia do projeto. A pesquisa foi realizada no curso técnico de radiologia em 03 unidades de uma instituição de ensino no nível técnico.

Resultados e Discussões: Os resultados mostram que, segundo os alunos, o principal motivo pela escolha do curso técnico em radiologia foi a presença de contatos ou parentes dentro da área (52%), seguido pela jornada de trabalho reduzida (31%). Somente 21(9%) dos 230 alunos participantes afirmam ter escolhido o curso por ter curiosidades dentro da área.

Conclusões: Pode-se concluir que, pela falta de interesse ou tempo hábil para se dedicar aos estudos, os alunos acabam apresentando dificuldade em disciplinas que podem ser mais complexas e requerem mais atenção. Parentes ou contatos dentro da área também apresentam ser um dos fatores preocupantes na dedicação aos estudos, já que os alunos tendem relaxar dentro desse ambiente propício a um acesso a facilitado ao mercado de trabalho.



Disseminação do Conhecimento sobre a Física Médica nas Redes Sociais

Vieira, Laísa.¹; Queiroz, Stefany.²; Silva, Guilherme.³ Itikawa, Emerson.⁴

Departamento de Física – Universidade de Federal de Goiás

Contato: laisavieira@discente.ufg.br

Introdução: Mesmo com várias fontes de informação disponíveis atualmente, ainda existem estigmas acerca do uso das radiações ionizantes na área da saúde, desinformação sobre assuntos da Física Médica e a disseminação de informações falsas sobre os efeitos deletérios das radiações. Diante do exposto é objetivo e dever social da *LAFISMED* (Liga Acadêmica de Física Médica da UFG), desde a sua criação em 2021, promover informações com respaldo científico e de forma simples sobre temas da Física Médica na plataforma *Instagram*.

Materiais e Métodos: A ação ocorre através do perfil *@lafismed*, com publicações constantes de informações pautadas, referenciadas pela ciência e de fácil compreensão, através de vídeos, figuras e textos simples nos formatos de postagens: *Reels*, *Post Feed*, e *Stories*.

Resultados e Discussões: De acordo com *insights* fornecidos pelo *Meta Bussines Suite*, durante o período de setembro de 2021 à março de 2023, as publicações atingiram mais de 40 mil pessoas, no Brasil, Paraguai, Argentina e Suíça. Desde a criação do perfil mais de 100 postagens, vários *reels* e centenas de *stories* foram criados na plataforma.

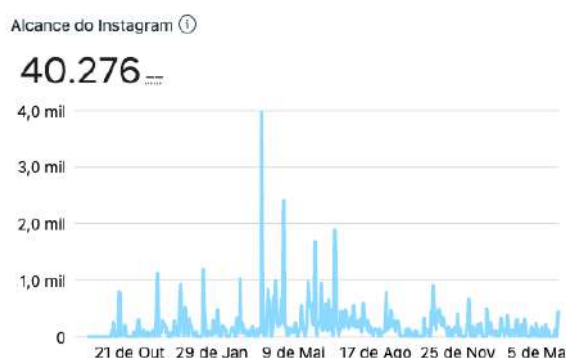


Figura 1: Dados de Alcance (01 de Set. 2021 – 28 de Mar. 2023)

Meta Bussines Suite

Conclusões:

O Instagram é um canal eficiente de disseminação do conhecimento. É o dever social da *LAFISMED* fornecer informações confiáveis e de qualidade para a sociedade sobre temas da Física Médica, possibilitando o esclarecimento e a desmistificação de conceitos importantes sobre a radiação.



Empreendedorismo em Física Médica: a atuação da Irradiation em projetos de impacto social

Mota, V. F.¹; Maciel, F.B.N.¹; Guimarães, G.S.¹; Lemes, N.C.S.¹; Laurindo, P.R.D.¹;
Chaves, R. T.¹; Alba, S.; Trombini, H.¹

¹Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, Brasil.
Contato: irradiation@ufcspa.edu.br

Introdução: A Irradiation é uma Empresa Júnior (EJ) de Consultoria em Física Médica ligada à Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA). Os projetos realizados por ela abrangem a consultoria em Física Médica e a área da educação. Seu impacto social é atrelado em identificar problemas enfrentados pela comunidade em que está inserida, e buscar desenvolver projetos para solucioná-los. Além disso, proporciona treinamentos para seus membros, visando desenvolver habilidades empreendedoras e sociais.

Materiais e Métodos: A carta de serviços da Irradiation possui, entre outros produtos, projetos e eventos educacionais. Entre esses, estão os Simpósios de Física Aplicada à Medicina, que são realizados anualmente. Para a organização do evento, é criada uma divisão dentro da empresa júnior entre os membros, os quais serão responsáveis por estruturar, planejar e realizar o evento. Tudo é organizado dentro de metodologias ágeis de projetos, como o Scrum.

Resultados e Discussões: Com a execução de seus projetos, a Irradiation alcançou diferentes públicos, como acadêmicos e profissionais da área dentro e fora do Brasil. Isso, através da difusão de conhecimentos que auxiliam a divulgar o que é a Física Médica. A empresa propõe também um projeto em escolas, cujo nome é Pequenos Cientistas, que visa suprir a carência do entendimento e vivência na área científica em crianças. De modo a articular a física e natureza que estão presentes no cotidiano, bem como oportunizar a aproximação do saber acadêmico com o ensino básico.

Conclusões: Através dos resultados obtidos, pode-se apontar que há um impacto social significativo, ao fornecer soluções, que proporcionam avanços e melhorias para enfrentar os desafios na área da saúde e da educação. Com a aplicação desses projetos, aumenta-se a conscientização sobre a física médica e o seu papel em cada uma dessas áreas.

Implementação de um Laboratório Virtual de Física Médica (LabFISMED)

Marques, C.¹; Soares, R.¹; Prass, S.¹; Carvalho, G.¹; Santos, F.¹; Yoshizumi, M.¹;
Pianoschi, T.¹; Trombini, H.¹

Grupo de Física Médica Experimental e Computacional (FMEC) - UFCSPA

Contato: cibelem@ufcspa.edu.br

Introdução: O uso de simulações computacionais é uma alternativa para experimentos de Física Médica com radiações ionizantes, visando diminuir custos e aumentar a variedade de experimentos. Este projeto tem como objetivo criar um laboratório virtual com simulações intuitivas que descrevem experimentos de atenuação da radiação ionizante em diferentes materiais absorvedores e de decaimento radioativo.

Materiais e Métodos: Para implementação dos experimentos utilizou-se linguagem de programação em Python e foi desenvolvida uma interface gráfica. Além disso, foram criados materiais didáticos para guiar na realização e compreensão dos experimentos, como roteiros, contextualização histórica, ilustrações e enredos.

Resultados e Discussões: As simulações dos experimentos já estão disponíveis no LabFISMED, bem como textos, gifs e imagens explicativas que auxiliarão no entendimento dos conteúdos e experimentos. A próxima etapa é hospedar o aplicativo web no site GitHub, disponibilizando para acesso público.



Figura 1: Interface inicial do aplicativo web.

Conclusões: O LabFISMED oferece experimentos guiados com roteiros básicos e avançados que levam em consideração a base do estudante. Há também a opção de experimentos livres, que permite ao estudante explorar o conteúdo à sua própria maneira, ajustando parâmetros de acordo com a sua necessidade. Portanto, tem se mostrado uma excelente alternativa para alinhar o ensino prático ao teórico.

Simulação de um sistema tomográfico para uso veterinário implementado no código FLUKA: modelagem do feixe de raios-x

Moreira, M., L.¹; Magiore, M. B.¹; Pelegati, A., M.¹, Silva, R., V.¹; Moreira, R.¹; Gaiato, H., S.¹; Mesa, J.¹

Departamento Biofísica e Farmacologia – Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Contato: loise.martins@unesp.br

Introdução: Um dos principais desafios no desenvolvimento de sistemas tomográficos em medicina veterinária é a otimização do feixe de raios-x para garantir uma imagem de alta qualidade com a menor dose possível de radiação. O objetivo deste estudo é simular um sistema tomográfico para uso veterinário utilizando o código FLUKA, com ênfase na obtenção do espectro de raios-x utilizando o código Spektr, que é baseado em Matlab.

Materiais e Métodos: O sistema a ser implementado no código de simulação Monte Carlo FLUKA consistira em um gerador de raios-x, um colimador e um detector de raios-x. Para a modelagem do gerador de raios-x utilizamos o Spektr, que é um software livre e de código aberto que pode ser utilizado para simular o espectro de raios-x de diferentes geradores de raios-x.

Resultados e Discussões: A análise dos resultados obtidos para diferentes configurações de kVp, mAs e filtragem indicou que será possível fornecer ao sistema tomográfico um feixe de raios-x com espectro de energia adequado para a aplicação em CT veterinária, e que a uniformidade do feixe é satisfatória para a produção de imagens de alta qualidade.

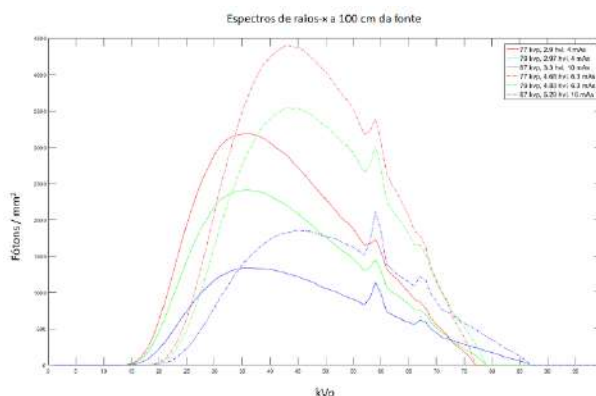


Figura1 : Espectros de raios-x do feixe para diferentes configurações de kVp, mAs e filtragem.

Conclusões: A modelagem do feixe de raios-x utilizando o programa Spektr mostrou-se eficaz na obtenção do espectro de energia do feixe adequado para a produção de imagens de alta qualidade. Esses resultados fornecem uma base sólida para o desenvolvimento de simulações de sistemas tomográficos de baixa dose para uso veterinário.



Caracterização óptica de phantoms de peles pigmentadas

Lobão, R. M. Q.¹; Cruz Junior, L. B.¹; Fortunato, T. C.²; Bachmann, L.¹

¹Departamento de Física – FFCLRP, Universidade de São Paulo

²Tergos Pesquisa e Ensino, Bright Photomedicine S.A., São Paulo, Brasil

Contato: raissaquaranta@usp.br

Introdução: Protocolos de irradiação empregando fontes de luz são amplamente desenvolvidos desconsiderando a influência do fototipo de pele do paciente. O objetivo deste trabalho é obter uma escala de phantoms caracterizados opticamente que permita corrigir a potência e o tempo de exposição para diferentes tonalidades de pele dos pacientes.

Materiais e Métodos: Os phantoms foram confeccionados com resina epóxica, endurecedor, pó facial compacto (absorvedor) e dióxido de titânio (espalhador). Os coeficientes de absorção e espalhamento foram determinados por um sistema de esferas integradoras e o algoritmo IAD (*Inverse adding doubling*). Com um colorímetro, aferiu-se a cor. A fluência foi calculada por simulações Monte Carlo (software Monte Carlo eXtreme) e o ITA (*individual typology angle*) foi determinado pelos parâmetros colorimétricos dos phantoms.

Resultados e Discussões: Determinou-se tridimensionalmente a fluência subsuperficial dos phantoms e, na figura 1, observa-se o decaimento da fluência em função da profundidade para o comprimento de 850nm. Para 2 mm de pele a fluência sofreu uma atenuação de 54% para a pele mais clara e 63% para a pele mais escura.

Conclusões: A fluência no tecido é alterada pela cor da pele. Identificou-se que é necessário buscar um maior intervalo de cores para melhorar a inspeção visual entre pele e phantom.

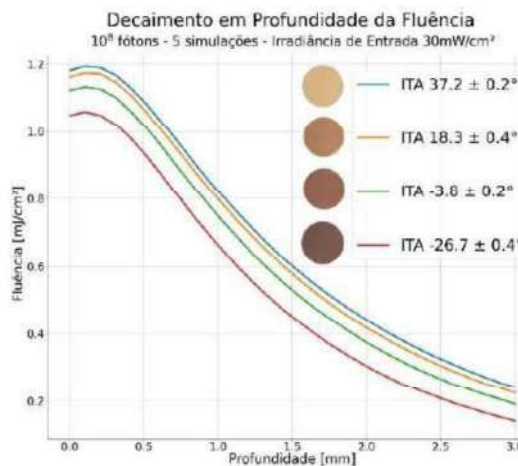


Figura 1: Decaimento da Fluência [mJ/mm²] para 4 tonalidades de pele

Desenvolvimento de lipossomas teranósticos para a terapia fototérmica

Barcelos, J.¹; Mendanha, S.²; Bakuzis, A.³

Instituto de Física^{1,2,3}; Farmatec²; CNanomed³ – Universidade Federal de Goiás

Contato: juliabmuniz06@gmail.com

Introdução: Nanoterapia fototérmica é um tratamento térmico mediado pela interação de laser no infravermelho próximo com nanoestruturas, sendo o calor gerado via transições não-radiativas (relaxação vibracional). Um dos desafios dessa modalidade é encontrar nanopartículas mais eficientes para o tratamento. Nesse trabalho, realizamos estudos de terapia fototérmica utilizando cinco diferentes tipos de nanocarreadores contendo a molécula de IR-780: Lipossoma PEGilado sintético; lipossomas híbridos com membranas de eritrócito ou melanoma e lipídeos sintéticos e lipossomas à base de membrana de eritrócito ou melanoma.

Materiais e Métodos: Todo o preparo das amostras foi feito no laboratório Farmatec da Universidade Federal de Goiás (UFG). Foram realizadas caracterizações biofísicas em termos de tamanho, potencial zeta, concentração, morfologia e conteúdo de IR-780 e caracterizações fotofísicas, através dos espectros de absorção e fluorescência e o imageamento no NIR. Os experimentos de terapia fototérmica, por sua vez, foram realizados no laboratório de Medicina Térmica do Instituto de Física da UFG. A excitação dos elétrons das NPs é feita utilizando um LASER de 808nm de e a temperatura foi monitorada com uma câmera térmica.

Resultados e Discussões:

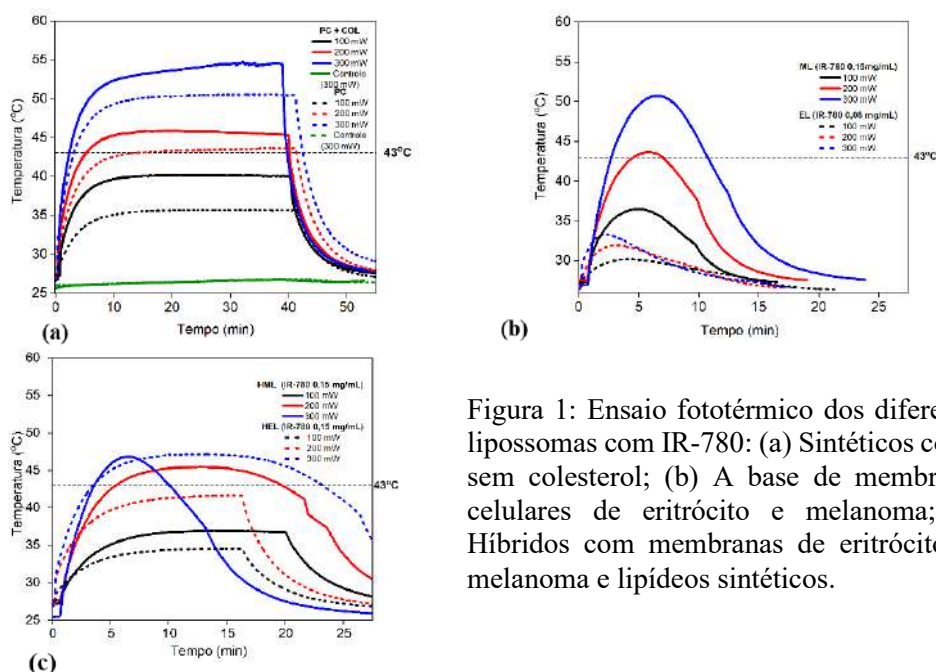


Figura 1: Ensaio fototérmico dos diferentes lipossomas com IR-780: (a) Sintéticos com e sem colesterol; (b) A base de membranas celulares de eritrócito e melanoma; (c) Híbridos com membranas de eritrócito ou melanoma e lipídeos sintéticos.

Conclusões: Os resultados evidenciam a forte modulação das propriedades fototérmicas do IR-780 pelo microambiente em que este se encontra inserido. Os lipossomas sintéticos e híbridos se mostraram válidos para a realização da terapia fototérmica *in vitro* uma vez que, em várias potências atingiram o regime estacionário de temperatura e a dose térmica terapêutica de 43°C, sendo os lipossomas sintéticos os mais eficientes [1].

Referências Bibliográficas: [1] Barcelos et al. Photothermal properties of IR-780-based nanoparticles depend on nanocarrier design: A comparative study on synthetic liposomes and cell membrane and hybrid biomimetic vesicles. *Pharmaceutics*, v. 15, n. 2, p. 444, 2023.

Resistência Capilar: uma alternativa robusta na avaliação da perfusão periférica

de Lima, V. F.; Bachour, R. P. S.; Cardoso, G. C.

Departamento de Física, FFCLRP – Universidade de São Paulo

Contato: {vanessa2065; raquel.pantojo.souza; gcc}@usp.br

Introdução: O Tempo de Enchimento Capilar (TEC) avalia a perfusão sanguínea periférica medindo o tempo de recuperação de cor da pele após uma compressão. Porém o TEC depende da amplitude (A) de mudança da cor, que depende do tipo de pele. Neste trabalho, introduzimos o conceito de Resistência Capilar Efetiva (R) para avaliar a perfusão periférica de forma robusta (independente de A) a partir de medidas de TEC.

Materiais e Métodos: Obtivemos vídeos RGB de TEC realizados em condições controladas (compressão: 7 kPa, por 5 s) no antebraço de 20 participantes (com 5 repetições). Calculamos TEC, R e β (uma dimensão fractal) por regressão em modelo RC de carga de capacitor com sinal do canal verde (G) da câmera, após compressão (TEC).

Resultados e Discussões: TEC aumenta com A , com coef. de determinação $r^2 = 43\%$ para $A < 20\%$ (Fig. 1a). Observamos que para $\beta = 0,22$, R independe de A (Fig. 1b), e explica TEC ($r^2 = 93\%$, Fig. 1c). Assim, consideramos R uma alternativa robusta ao TEC.

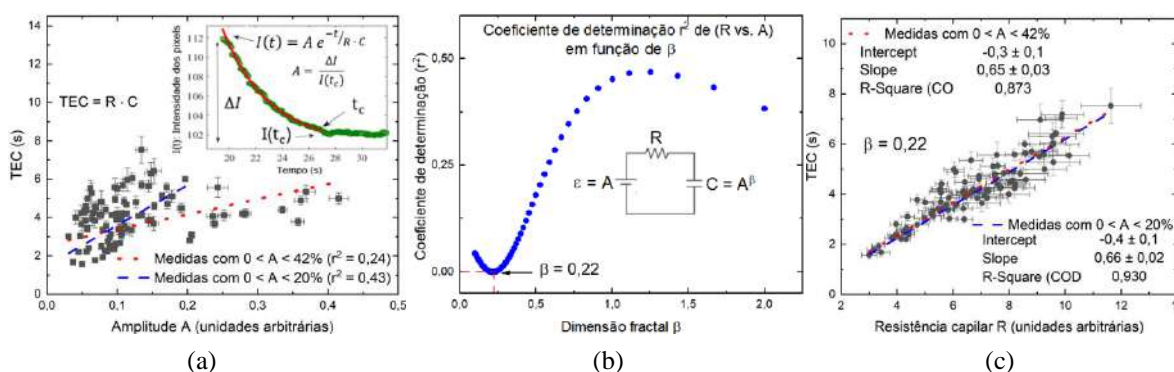


Figura 1: (a) Regressão linear em TEC vs. A ; linha pontilhadas: todos os pontos; linha tracejada: $A < 20\%$.

Inset: brilho médio do canal G em uma medida de TEC. (b) Coeficiente de determinação (r^2) de $R(\beta)$ vs. A , em função de β . *Inset:* Modelo RC e definições. (c) TEC vs. R para $\beta = 0,22$; note a alto r^2 ($> 87\%$), e os baixos coeficientes lineares. Incertezas em (a) e (c): IC de 95%. As regressões são ponderadas por $(IC)^2$.

Conclusões: A resistência capilar efetiva (R) explica TEC e independe de A , constituindo um passo importante para avaliações quantitativas robustas de perfusão periférica. Agradecimentos: CAPES código de Financ. 001, e FAPESP 2022/16344-0.

Termometria por ressonância magnética de suspensão de nanopartículas para terapia fototérmica.

Krause, R.¹; Bakuzis, A.²

Instituto de Física^{1,2}; CNanoMed² – Universidade Federal de Goiás

Contato: krauserafael12@discente.ufg.br

Introdução: o uso de terapias térmicas para tratamento de câncer tem crescido, inclusive, em técnicas combinadas com tratamento por radioterapia. Dentre as diferentes técnicas, a terapia fototérmica por nanopartículas é de interesse particular para esse trabalho. Um dos fatores fundamentais para a eficácia de terapias térmicas é uma termometria precisa. A termometria por ressonância magnética nuclear (TRMN) é a técnica ouro para monitoramento não invasivo da temperatura em terapias térmicas. O objetivo deste trabalho é implementar a TRMN no equipamento de MRI pré-clínico do Centro de Pesquisa Integrada em Nanomedicina (CNanoMed) – UFG.

Materiais e Métodos: o princípio fundamental da TRMN é o efeito de deslocamento da frequência de ressonância de prótons (PRF), que ocorre em tecidos aquosos quando há variação do campo magnético local com o aumento de temperatura, devido o aumento da blindagem química dos átomos de hidrogênio. É possível determinar a diferença de temperatura entre duas imagens, obtidas em tempos distintos, pela diferença de fase, $\Delta\phi$, entre elas, conforme a equação $\Delta T = \Delta\phi / \gamma B_0 \alpha TE$, onde γ é a constante giromagnética, B_0 o campo do imã permanente, α o coeficiente PRF e TE o tempo de eco do pulso GRE utilizado. Utilizou-se a linguagem de programação *python* para construir um software de análise em tempo real das imagens obtidas durante os ensaios fototérmicos.

Resultados e Discussões: a primeira imagem é formada antes da irradiação do laser de 808nm e 80mW de potência, guiado por fibra óptica até um eppendorf que contém uma suspensão de nanopartículas de SiO₂:Nd(50%)Gd(50%) em água. As demais imagens são formadas durante a irradiação e aquecimento da amostra em intervalos de 10s.

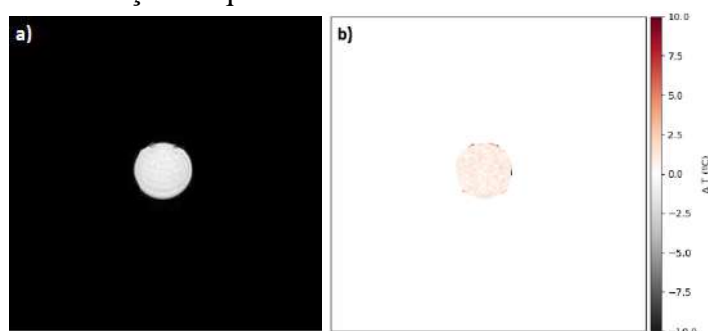


Figura 1.1. a) Imagem de referência. b) Mapa de variação temperatura, ΔT , para $t = 500s$. Nesse instante de tempo, o aumento de temperatura médio no corte axial foi de 2.2°C.

Conclusões: a TRMN apesar de efetiva, apresentou limitações de resolução temporal e sofreu de flutuações nos valores de ΔT , possivelmente relacionadas com a relação sinal-ruído (SNR) das imagens. Após encontrar o ponto ótimo entre os diferentes parâmetros de imagem, e realizar experimentos em maior potência, será possível validar a precisão da técnica de forma aprofundada.



Aplicação da IA como ferramenta diagnóstica de COVID-19

Carvalho, F.L.G.; Lima, B.; Takara, B.; Alva-Sánchez, M.S

Departamento de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas

– Universidade de Ciências da Saúde de Porto Alegre

Contato: fabio.carvalho@ufcspa.edu.br

Introdução: Haja vista a aplicabilidade de Redes Neurais Convolucionais para o auxílio na análise e decisão diagnóstica, o presente trabalho apresenta a aplicação de um algoritmo de machine learning em imagens de radiografias torácicas. Neste sentido, o estudo tem por objetivo geral a construção de um modelo capaz de realizar uma comparação entre doenças pulmonares comuns e COVID-19, através da classificação de achados radiológicos como relacionados ou não a esta pneumopatia.

Materiais e Métodos: Na construção do modelo atual foram utilizadas 942 radiografias de COVID-19 de um banco de dados do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, as quais foram comparadas com imagens de um dataset público do NIH Clinical Center, contendo radiografias de Consolidação, Edema, Fibrose, Massa e Pneumonia. Assim, os dados foram separados em classes balanceadas e desbalanceadas, as quais foram processadas aos pares pela Rede Neural.

Resultados e Discussões: Para as classes balanceadas, as épocas que demonstraram melhor acurácia foram, para cada patologia: Consolidação (53 épocas; acurácia: 90.2%), Edema (53 épocas; acurácia: 82.67%), Fibrose (71 épocas; acurácia: 89.73%), Massa (48 épocas; acurácia: 88.33%) e Pneumonia (68 épocas; 84.14%). Assim, tendo em vista os resultados preliminares, há a possibilidade de aplicação do modelo no auxílio dos diagnósticos clínicos para a classificação de patologias pulmonares como causadas ou não pela COVID-19.

Conclusão: Finalmente, para além dos resultados bem sucedidos, busca-se avaliar a validade da acurácia obtida, bem como tecnologias de pré-processamento de imagens de um novo banco de dados proveniente do mesmo hospital para melhorar o custo de máquina, como aplicação de máscaras e divisão dos dados em patches.

Bolus por Manufatura Aditiva: Caracterização de Materiais

Frاندoloso, H.¹; Gross, T.¹; Valença, J. V. B.¹; Yoshizumi, M. T.¹

¹ Grupo de Física Médica Experimental e Computacional, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA), Porto Alegre, Brasil.

Contato: gross.thiago23@gmail.com, henryfrand@gmail.com

Introdução: Em alguns procedimentos radioterápicos, nas regiões irregulares, faz-se uso de material sobreposto à pele chamado bolus, a fim de aumentar a dose na superfície. Contudo, alguns materiais convencionais como cera ou gaze podem ser pouco precisos. Com uso da impressão 3D junto a imagens de TC é possível manufacturar este artefato de maneira local. Entretanto, a literatura a respeito dos materiais é recente e escassa. O objetivo deste trabalho é realizar análises por simulações computacionais e empíricas, a fim de caracterizar materiais que possam satisfazer as dificuldades na manufactura 3D do bolus.

Materiais e Métodos: O código MCNPX será utilizado junto ao software Moritz, para realizar simulações computacionais da deposição de energia em profundidade com uso de feixe simulado de 6 MV em placas de PLA e PETG. Ainda, amostras destes materiais serão impressas em 3D e expostas a doses de radiação típicas de tratamentos radioterápicos, visando quantificar alterações em propriedades estruturais.

Resultados e Discussões: A Figura 1, obtida com uso do software Moritz, ilustra o perfil de deposição de energia nas situações em que o bolus PLA está ou não presente. Vemos que a máxima deposição ocorre dentro do bolus e não temos a região de build-up (na parte superior, faixa azul claro, na qual a deposição vai crescendo até um máximo). Logo abaixo dele, é possível ver uma estreita faixa laranja que seria a superfície do paciente. Os dados obtidos podem servir para o estudo de possíveis polímeros recicláveis na produção do bolus.

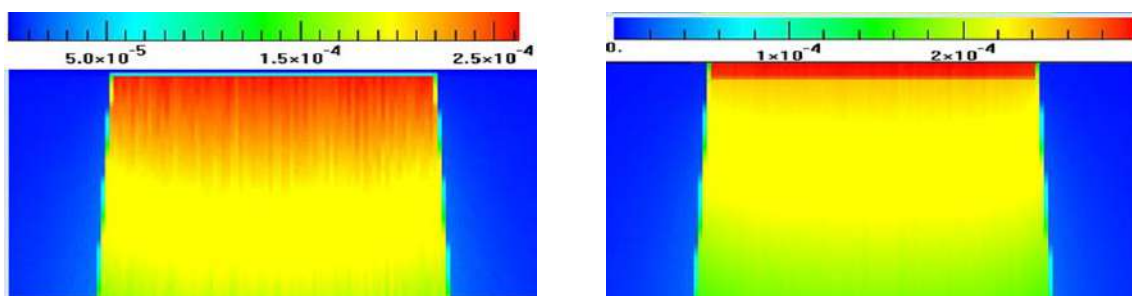


Figura 1: Distribuição da dose de feixe, sem (à esquerda) e com (à direita) inserção do bolus.

Conclusões: Prevê-se um aumento na qualidade do tratamento e na autonomia dos hospitais ao utilizar a impressão 3D na produção do bolus.



Cálculo da Contaminação de Iodo-126 na produção do Iodo-125

Medeiros, I.¹; Talacimon, C.¹; Teodoro, L.¹; Rigo, M.¹; Rodrigues, P.¹; Correia, R.¹; Rosero, W.¹; Rostelato, M.¹; Zeituni, C.¹

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Universidade de São Paulo

Contato: ilca.marli@usp.br

Introdução: O interesse no radionuclídeo iodo-125 baseia-se em sua variabilidade em aplicações médicas, dentre elas a braquiterapia. Ele pode ser gerado em reator nuclear, porém neste processo forma-se também o iodo-126, subproduto indesejável. Este trabalho tem como objetivo avaliar a contaminação do iodo-126 no iodo-125 gerado no reator IEA-R1 do IPEN, para ser utilizado em sementes para tratamento de câncer.

Materiais e Métodos: Para obter o iodo-125, irradiou-se cápsulas contendo o gás xenônio-124 no reator IEA-R1. Recuperou-se o gás de interesse por meio de uma solução de hidróxido de sódio (NaOH). As amostras foram analisadas por um detector de germânio hiperpuro (HPGe) para verificar a proporção de iodo-125 e iodo-126 gerados. Nota-se que o iodo-126 gera gamas de 388,6 keV e 668,3 keV que atrapalha o uso do iodo-125 em aplicações médicas.

Resultados e Discussões: O iodo-125 produzido apresentou pureza radionuclídica maior que 99%. É necessário que a quantidade de iodo-126 seja no máximo de 0,9%.

Amostra	Atividade de ¹²⁵ I por volume de solução (Bq/μL)	Atividade de ¹²⁶ I por volume de solução (Bq/μL)	Atividade total do ¹²⁵ I (Bq)	Atividade total do ¹²⁶ I (Bq)	Pureza de ¹²⁵ I (%)
XEN001.1	57305 ± 31	34,59 ± 0,02	(229,22 ± 0,12) × 10 ⁵	(13,84 ± 0,01) × 10 ³	99,94
XEN002.1	75791 ± 41	30,00 ± 0,02	(303,17 ± 0,16) × 10 ⁵	(12,00 ± 0,01) × 10 ³	99,96

Tabela 1: Atividade de iodo-125 e iodo-126 produzidos no reator IEA-R1

Conclusões: A produção no reator IEA-R1, as cápsulas de irradiação adotadas e o sistema de detecção se mostraram adequados. A validação deste processo mostra que o IPEN possui autonomia para produzir iodo-125 e utilizá-lo em aplicações da medicina nuclear.

Referência bibliográfica

COSTA, O. Estudo e desenvolvimento de uma nova metodologia de produção de iodo-125 a partir de xenônio-124 pelo método de ativação neutrônica, 2015.



Classificação de imagens torácicas de pacientes com COVID-19 através da Tomografia Computadorizada utilizando algoritmo de Inteligência Artificial

VAZ, J. D. B.¹; RODRIGUES, A. P.²; OLIVEIRA, C. E. G.¹; ITIKAWA, E. N.¹

¹Instituto de Física – Universidade de Federal de Goiás

²Unidade de Diagnóstico por Imagem – HC-UFG/EBSERH

Contato: jose_vaz@discente.ufg.br

Introdução: Imagens de Tomografia Computadorizada (TC) podem auxiliar no diagnóstico de COVID-19 e outras doenças pulmonares. Uma abordagem para auxiliar no diagnóstico dessas doenças é empregar o uso de Inteligência Artificial (IA) na análise de imagens. Neste trabalho propusemos um algoritmo em *deep learning* e *transfer learning* para classificação de TC de doenças pulmonares. O modelo visa classificar quatro classes de pacientes, avaliados em: normais, COVID-19, câncer e pneumonia. O *dataset* de COVID-19 foi adquirido via estudos retrospectivos do HC-UFG/EBSERH.

Materiais e Métodos: O modelo proposto emprega o método de transferência de aprendizagem de uma Rede Neural Convolutacional a *ResNet-50* escrito em *Python* onde foram usadas 2668 imagens de TC, sendo: 2000 para treinamento e 668 em validação.

Resultados e Discussões: O modelo empregado alcança bons resultados nos parâmetros de: *acurácia*, *loss*, *prediction*, *recall* e *F1-score* para imagens de TC considerando cada classe trabalhada, demonstrando boa confiabilidade do modelo executado.

Classes	Prediction (%)	Recall (%)	F1-score (%)
Normal	98	83	90
COVID-19	87	96	89
Câncer	100	100	100
Pneumonia	78	86	82

Tabela 1. Melhores resultados obtidos na avaliação do modelo proposto.

Conclusões: Obtivemos acurácia de acima de 99% considerando a base de dados de treinamento e acima de 80% para a base de dados de validação. Alcançamos confiabilidade em: 75%, 87%, 96% e 58% para as classes de normais, COVID-19, câncer e pneumonia, respectivamente. A abordagem desta execução pode ser usada como suporte para uma segunda opinião para realização de diagnósticos, auxiliando médicos radiologistas a fornecerem um diagnóstico preciso com uma abordagem multidisciplinar.



Estimação de Parâmetros para um Modelo Matemático de Células Tumorais Mamárias das Linhagens MCF-7 e MDA-MB-231

Mininel, Thiago V.¹; Mancera, Paulo F. A.¹; Antunes, Maria Eliza.²

¹Departamento Biodiversidade e Bioestatística-IBB/UNESP

²PPG Biometria-UNESP

Contato: thiago.mininel@unesp.br

Introdução: O câncer de mama é o mais incidente no mundo segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS). O objetivo deste trabalho é realizar uma estimação de valores para parâmetros relacionados ao crescimento das células cancerosas e seu tratamento.

Materiais e Métodos: A estimação de parâmetros foi feita através da ferramenta "Lsqnonlin", disponível no MATLAB. Utilizamos dados de crescimento das linhagens celulares MCF-7 e MDA-MB-231 (células/mL) em 24, 48 e 72h, tratadas com ciclosporina, com uma concentração de 12,5 μ M.

Resultados e Discussões: Foi possível estimar valores para a taxa de crescimento das células (r) e para o número inicial de células tumorais ($N(0)$). Os resultados são apresentados na Tabela 1 e foram comparados através do coeficiente de correlação intraclasse (ICC).

Tabela 1: Resultados da estimação de parâmetros e respectivos ICC.

	r (dia^{-1})	$N(0)$ (célula/ml)	ICC
MCF-7	0,9130	$1,92 \times 10^6$	0,9940
MDA-MB-231	0,4964	$4,26 \times 10^5$	0,9995

Conclusões: O modelo conseguiu representar o conjunto de dados experimentais nos dois casos apresentados, sendo que para a linhagem MDA-MB-231 obteve-se um maior ICC, indicando um melhor ajuste. Esse mesmo processo será feito utilizando outros dados experimentais, visando estabelecer valores para os parâmetros de interesse.



Fonte de tensão variável de baixo ruído para polarização de dosímetro a gás controlada via comunicação remota

Mauro, R. A. P.¹; Carneiro, A. A. O.²;

Departamento de Física – Universidade de São Paulo^{1,2}

Contato: rodrigomauro@usp.br

Introdução: O circuito para medir a carga gerada em uma câmara de ionização (CI), é fornecido por um eletrômetro que, inclui uma fonte de tensão variável de baixo ruído; um circuito medidor; e por fim tem-se o smartphone como mostrador a partir da conexão bluetooth. A fonte de tensão é referência e alimenta o circuito de medição para leitura do sinal gerado no eletrodo coletor da CI a partir de um conector e cabo triaxial. Assim, o objetivo deste trabalho foi a construção da fonte de tensão simétrica com baixo ruído, tensão variável, utilizando componentes eletrônicos encontrados no mercado nacional.

Materiais e Métodos: o amplificador operacional AD820 é utilizado em um circuito oscilador por deslocamento de fase criando uma onda senoidal de aproximadamente 10 kHz de amplitude variável utilizando um potenciômetro digital MCP41010. Um amplificador de áudio TDA 2030, amplifica a onda senoidal e o sinal de saída alimenta uma bobina primária de um transformador. A voltagem retificada na bobina secundária, possui amplitude de ± 10 a ± 400 V ajustável de em intervalos de 50V.

Resultados e Discussões: para os valores de tensão comumente utilizados em CI, a exatidão do ajuste de tensão negativa ou positiva, foi maior que 98,7% com precisão maior que 99,8%. A voltagem de polarização foi aferida em intervalos de 15 min durante 1 hora, para verificar a estabilidade de curto prazo. A máxima variação entre os valores foi de 0,32%. Os níveis de ruído para qualquer valor ajustado de tensão é da ordem de 20 mV.

Conclusões: para os objetivos de polarização do eletrodo coletor da CI, alimentação do circuito de leitura, tensão simétrica e variável para os testes de caracterização do dosímetro, a fonte de tensão atende plenamente aos propósitos. Sendo de fácil implementação e baixo custo, os resultados obtidos justificam sua construção podendo assim fazer parte de um sistema dosimétrico para leitura de baixas correntes.

XXVII CBFM - São Pedro



Modelagem matemática para Protonterapia de materiais biológicos via Monte Carlo

Gaiato, H., S.¹; Silva, R., V.¹; Magiore, M., B.¹; Pelegati, A., M.¹; Moreira, M., L.¹; Mesa, J.¹

Departamento Biofísica e Farmacologia – Universidade Estadual Paulista (UNESP)

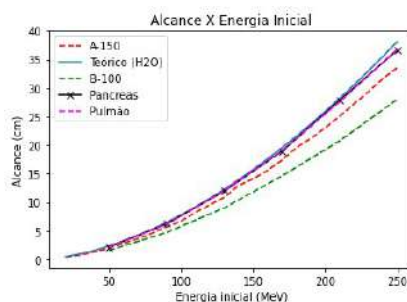
Contato: samuel.gaiato@unesp.br

Introdução: Usando e aplicando o conhecimento de sessões de choque à prótons, se tem origem a protonterapia que é um método mais efetivo para se tratar tumores. De maneira a aumentar ainda mais ainda o entendimento do comportamento desse tratamento em materiais biológicos, foram realizadas simulações de método de Monte Carlo em tecidos de interesse.

Materiais e Métodos: Com o auxílio do Software FLUKA 4.3.1 disponibilizado pelo CERN, quatro materiais de interesse da protonterapia (A-150, B-100, Tecido Pancreático e Pulmonar) foram irradiados por um feixe variando a energia dentro da faixa terapêutica, de acordo com a ICRP, com uma semente de simulação de 66 e o número de primárias foi de 10^7 .

Resultados e Discussões: Os principais resultados obtidos foram os do alcance em função da energia, e da energia e dose depositada em função da energia e alcance.

Figura 1: Gráfico do alcance em função da energia inicial .



Conclusões: Demonstramos que a modelagem matemática é adequada por possuir semelhança com a parte teórica de uma forma exponencial, ainda permitindo a obtenção da maneira de calcular a distância alcançada e dose depositada para esses materiais.



Radioactive Seed Localization for Conservative Surgery of Nonpalpable Breast Cancer: Recommendations for Technology Implantation Program

Ferreira, H. J.¹; Souza, C. D.¹; Rostelato, M. E. C. M.¹

Nuclear and Energy Research Institute, IPEN

hortenciaferreira.radiologia@gmail.com

Background: The radioactive seed localization (RSL) is used in impalpable breast cancer conservative surgery to assist the surgeon in accurately locating and excising the lesion site. This study aims to present recommendations about the RSL program implementation in health institutions.

Methods: An extensive literature review was performed. It comprehends: the committee responsible for implementation of the program actions; description of the necessary multidisciplinary team; the radiological safety committee role; the facility licensing; professionals training; material and instrumentation associated with the technique; and seed tracking system.

Results: The Program Implementation Committee must be formed by leaders from each department. The committee assumes responsibility for evaluating the necessary processes and presenting the schedule for program implementation. Since the procedure is classified as a nuclear medicine procedure it requires licensing. The Professional Team Formation, Education, and Training is a priority and simulation exercises are necessary. The Materials and Instrumentation Associated with the Technique must be well-known by the team and they should practice using radiation detectors. The seed must be always tracked, from moment they are received to discard. An Inventory for Tracking Seeds is provided. The Radiological Safety Aspects such as the ALARA principle are presented. A full description for the Radiological Procedure for Placing the seeds, the surgical removal and the Specimen Handling in Pathology focusing on how to locate the seed and retrieve them. After removed, the seeds can be placed in storage to wait for full radioactive decay or be returned to the manufacturer.

Conclusions: Regular multidisciplinary team meetings during program development are important to create a realistic timeline, having briefing meetings after the first 1-5 RSL cases and having annual or biannual follow-up meetings to discuss any issues or incidents.

Síntese de nanopartículas de ouro para aplicações em radioterapia.

Rigo, M.¹; Rodrigues, P.¹; Talacimon, C.¹; Teodoro, L.¹; Nogueira, T.¹; Rosero, W.¹;
Medeiros, I.¹; Zeituni, C.¹; Rostelato, M.¹

¹Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Universidade de São Paulo
Contato: maria.rigo@ipen.br

Introdução: O rápido avanço da nanotecnologia nos últimos anos tem alimentado o interesse crescente no campo da pesquisa de nanopartículas, particularmente sua aplicação na terapêutica e no diagnóstico do câncer. Sendo assim, busca-se o emprego de nanopartículas como instrumento para a braquiterapia.

Materiais e Métodos: A partir de adaptações do método de Turkevich (1951) obteve-se ácido cloroáurico (HAuCl₄) um componente importante para a síntese de nanopartículas de ouro (AuNPs). As nanopartículas foram funcionalizadas com polietilenoglicol 5000 (NH₂-PEG-SH).

Resultados e Discussões: Avaliou-se a quantidade de citrato correlacionado com o tamanho das AuNPs e conseqüentemente à coloração da solução. Também verificou-se a estabilidade das nanopartículas. Para estas reações examinou-se o tamanho das partículas por DLS.



Figura 1: Variação da coloração da solução de AuNPs com o diminuindo do tamanho da esquerda para a direita, sendo a última, uma solução de HAuCl₄.

Conclusões: Os resultados obtidos foram satisfatórios quanto ao tamanho e a estabilidade, mostrando que o uso e aplicações em nanobraquiterapia é favorável.

Referências bibliográficas

TURKEVICH, J.; STEVENSON, P.; HILLIER, J. A Study of the Nucleation and Growth Process in the Synthesis of Colloidal Gold. **Discussions of the Faraday Society**, v. 11, p. 55, 1951.



Uma Abordagem Quantitativa do Impacto da Empresa Júnior de Física Médica na Geração de Oportunidades no Mercado Empresarial

Hirota, P.¹; Alves, G.²; Valença, M.³; Oliveira, L.⁴; Ragassi, G.⁵; Correia, G.⁶

Departamento de Física – Universidade de São Paulo Campus Ribeirão Preto

Contato: pedrota@usp.br

Introdução: As empresas juniores (EJs) dos cursos de graduação em física médica são poucas e recentes, mesmo assim já é possível observar que muitos pós-juniores estão no mercado de trabalho empresarial. Esse trabalho tem o objetivo de mapear os pós-juniores em empresas sêniores e medir o impacto da empresa júnior nesse mercado.

Materiais e Métodos: Estudo transversal, descritivo e com abordagem quantitativa, realizado mediante coleta de dados na base criada pela Marie Curie Jr., segundo as variáveis de ex-membros trabalhando na área empresarial. As informações investigadas foram as relacionadas à influência da participação de alunos na EJ na contratação deles no mercado empresarial de janeiro de 2016 a dezembro de 2022. A partir da coleta foi aplicada estatística descritiva com a utilização do Excel e do QTIPlot a fim de organizar os resultados de pesquisa.

Resultados e Discussões:

Alguns dos resultados mostram que 73% dos pós-juniores na área empresarial estão trabalhando em empresas da área da física médica e 27% em outras (desenvolvimento em TI, serviços financeiros e SaaS). Foram 100% das empresas que viram com bons olhos a participação na EJ, porém, para a maioria dos ex-membros, isso não foi fator determinante nas suas contratações.

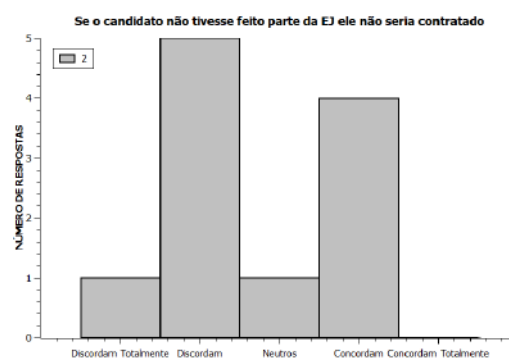


Figura 1: Opinião dos pós-juniores sobre suas contratações.

Conclusões: mensuramos os benefícios da participação na EJ durante a graduação através da base de dados que criamos e temos perspectivas de melhorar os resultados adicionando informações de pós-juniores das outras EJs de física médica.

Utilização de imagens computadorizadas para avaliação da densidade mineral óssea em frangos de corte

Vargas, N. G. L.¹; Paz, I. C. L. A.²; Jacinto, A. S.³, Mota, F.S.⁴, Althman, I. G. S.⁵, Siqueira, A. R. F.⁶

Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

Contato: ngl.vargas@unesp.br

Introdução: O bem-estar de frangos de corte é afetado por diversos fatores, incluindo distúrbios metabólicos que surgiram com a exposição dos frangos à ambientes, nutrição, manejos e seleção genética desenvolvidos para a produção intensificada. Um dos distúrbios mais comuns que podem acometer as aves de produção é a degeneração femoral, sendo um distúrbio encontrado na parte proximal da cabeça do fêmur onde ocorre a degeneração da cartilagem articular. O estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a eficiência da utilização de imagens para determinação precoce de distúrbios ósseos em frangos de corte.

Materiais e Métodos: Para obtenção de imagens radiográficas e posterior determinação da densidade óssea, 60 aves, com 42 dias de idade, foram levadas ao Hospital Veterinário da FMVZ/UNESP, Assim, as aves foram radiografadas, analisou-se as imagens e encontrou-se os valores médios de densidade óptica radiográfica. Depois de radiografadas as aves foram abatidas e então, selecionou-se cinco aves dentro de cada escore macroscópico. Tais peças ósseas foram avaliadas por exame tomográfico. Assim identificou-se densidade óssea das estruturas da região da cabeça e colo dos fêmures, comparando as peças sem lesões, com lesões iniciais e lesões graves.

Resultados e Discussão: Os valores obtidos para densidade óssea por meio da tomografia e radiografia tiveram o mesmo comportamento, o que indica que a técnica de tomografia também pode ser utilizada para avaliar a densidade óssea.



Figura 1 - Imagens tomográficas das cabeças dos fêmures dos frangos de corte.

Conclusões: Conclui-se que a utilização de exames radiográficos em animais de produção é importante pois consegue identificar patologias e lesões causadas durante a produção. Como forma de adotar medidas menos invasivas e mais precisas, trazendo mais bem-estar as produções e menos perdas aos produtores.

Volumetria pulmonar utilizando algoritmo de Inteligência Artificial

Paranaíba, C. F. B.¹; Silva, J. O.¹; Abegão, L. M. G.¹; Rodrigues, A. P.², Itikawa, E. N.¹

¹Instituto de Física – Universidade Federal de Goiás, Goiânia

²Serviço de Radiologia do HC-UFG, Goiânia

Contato: caioparanaiba@discente.ufg.br

Introdução: A volumetria pulmonar como informação complementar no diagnóstico de doenças pulmonares ainda é estimada subjetivamente (via inspeção visual), comprometendo o valor verdadeiro do volume pulmonar viável. O objetivo deste trabalho é desenvolver um algoritmo de inteligência artificial para realizar a volumetria pulmonar, utilizando imagens de tomografia computadorizada (TC).

Materiais e Métodos: A sequência para visualização do parênquima e do mediastino sem contraste será utilizada para o treinamento do modelo. O padrão-ouro foi obtido no MATLAB, utilizando matrizes de 512×512 .

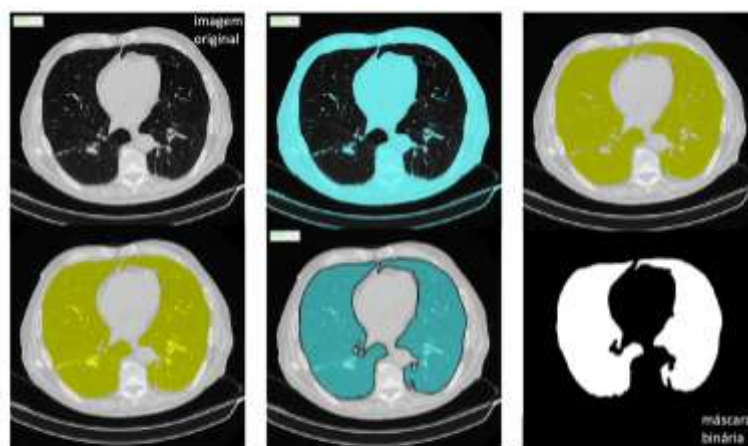


Figura 1: Etapas do processo de segmentação

Resultados e Discussões: Na Figura 1 é apresentada a segmentação feita no MATLAB baseada em dados de imagens de estudos pulmonares de 20 pacientes. Observa-se que a segmentação no MATLAB é promissora como padrão-ouro.

Conclusões: Os resultados encontrados são adequados na segmentação das imagens pulmonares. Doravante, o desempenho do algoritmo será validado através da comparação com os resultados de volumetria pulmonar com o MATLAB.

Análise de titânio revestido com titanato de cálcio por difratometria de raios X (DRX)

Bucci, J.¹; Carra, M.G. J.¹; Moura, P. Y. Y. C.¹; Saeki, M. J.¹

¹Departamento de Ciências Químicas e Biológicas – Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho – Instituto de Biociências de Botucatu

Contato: j.bucci@unesp.br

Introdução: As biocerâmicas são estudadas para corrigir fraturas e defeitos ósseos, proporcionando boa capacidade de adsorção e crescimento celular, sendo utilizadas em revestimentos de superfícies de biomateriais metálicos implantáveis. O titanato de cálcio se destaca por promover a precipitação de apatitas e otimizar o tempo de fixação óssea sobre o titânio. O objetivo é preparar filmes de titanato de cálcio sobre o titânio e caracterizá-los por DRX, bem como prepara-lo como pó e analisar com a mesma técnica.

Materiais e Métodos: As amostras de titânio comercialmente puro (Ti c.p., ASTM F67 GR2) foram lixadas e tratadas (ácido clorídrico). Para revestir, as placas receberam uma película do sol precursor de titanato de cálcio, por *dip-coating* (imersão), foram feitos a hidrólise e tratamento térmico. Os sóis tiveram a razão molar de Ca:Ti variados em 1:2, 3:4, 1:1. Os mesmos foram utilizados para a obtenção dos pós de titanato de cálcio e calcinados à 600°C. Todas as amostras foram submetidas à caracterização física por difração de raios X (DRX).

Resultados e Discussões:

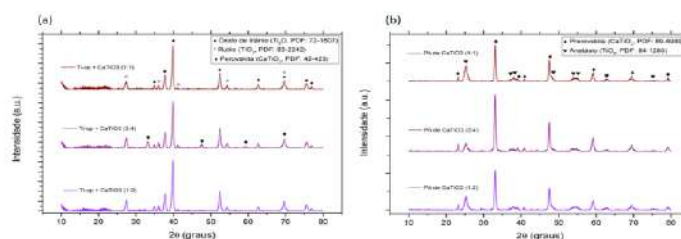


Figura 1: Difractogramas das amostras obtidos pelo método sol-gel: (a) revestimentos de Titanato de cálcio sobre substrato de titânio, (b) pós das sínteses do sol-gel. Padrões de DRX indexados de acordo com a base de dados PDF/ICSD.

Conclusões: Através do DRX, foi possível confirmar a formação do titanato de cálcio, tanto na forma de pó como na de filme, sobre o titânio. As proporções de Ca/Ti influenciaram nas intensidades de picos, demonstrando ser um método eficaz para deposição de titanato de cálcio sobre o titânio.



Desenvolvimento e caracterização de matrizes para simulação acústicas de tecido mole em ultrassonografia

Nascimento, I. C.¹, Oliveira F. Q.¹, Tanaka L. R. R.¹, Fontoura E. V.¹, Malthez, A. L.¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Contato: isabellacamily@alunos.utfpr.edu.br

Introdução: Para controle de qualidade (CQ) e treinamento em ultrassonografia são utilizados simuladores antropomórficos e objetos compostos por matrizes poliméricas ou aquosas que simulam as características acústicas dos tecidos biológicos, como atenuação e velocidade de propagação do som. Considerando a falta de simuladores para CQ e treinamento, neste trabalho foram produzidas e testadas matrizes em diferentes materiais gelatinosos e poliméricos e caracterizadas suas propriedades acústicas visando a produção de simuladores e objetos de teste para ultrassonografia.

Materiais e Métodos: Na produção das matrizes foram considerados materiais com características acústicas de interesse como gelatina incolor, ágar-ágar e parafina. Para obter rigidez e durabilidade das matrizes, testamos diferentes proporções desses materiais misturados com glicerina, formol e silicones borracha e acético. As medidas de velocidade de propagação e atenuação foram feitas com um equipamento Olympus excitando um transdutor (faixa de kHz a MHz) operando no modo transmissão-recepção.

Resultados e Discussões: A Tabela 1 apresenta as características das matrizes produzidas.

Tabela 1: Matrizes produzidas e características

Composição das matrizes	Características qualitativas	Velocidade de propagação (m/s)
50g parafina, 11g gelatina, 77g água, 5g formol	Homogênea e resistente	1508
30g parafina, 18g gelatina, 100g água, 5g formol	Homogênea e não resistente	1585
45g parafina, 3,9 ágar-ágar, 35g água, 5g formol	Não homogênea e não resistente	1460
Silicone acético puro	Homogênea e resistente	1192

Conclusões: Os ensaios realizados até o momento indicam que a matriz com uma maior quantidade de parafina apresentou a velocidade de propagação mais próxima a velocidade de propagação do som no tecido mole (1500 m/s) e melhor homogeneidade.

Elaboração de detector de raio-x de baixo custo com sensor LDR e plataforma Arduino

Paiva, P. G. F. M.¹; Guimarães, V. M.¹; Santos, J. C.¹

1 - Instituto de Física – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Contato: paivapedro@ufrj.br

Introdução: O objetivo deste estudo é analisar a eficácia de sensores LDR (Light Dependent Resistor), dispositivos semicondutores utilizados para detecção de luz, como um detector alternativo para medição da radiação quando exposto a feixes de raio-X, para a construção de um detector de baixo custo que possua aplicação didática.

Materiais e Métodos: Irradiou-se o sensor LDR com um feixe colimado, configurando um equipamento de raio-x industrial em diferentes condições de exposição. Com a plataforma Arduino é possível monitorar a variação do sinal elétrico no circuito e verificar a linearidade do sinal de acordo com os parâmetros de produção do feixe.

Resultados e Discussões: A Figura 1 apresenta a resposta do sensor LDR para diferentes valores tensão (kVp) no tubo. O estudo verificou que esses sensores possuem resposta linear com o kVp aplicado em tubos de raio x além de uma dependência com a corrente e com o tempo de exposição.

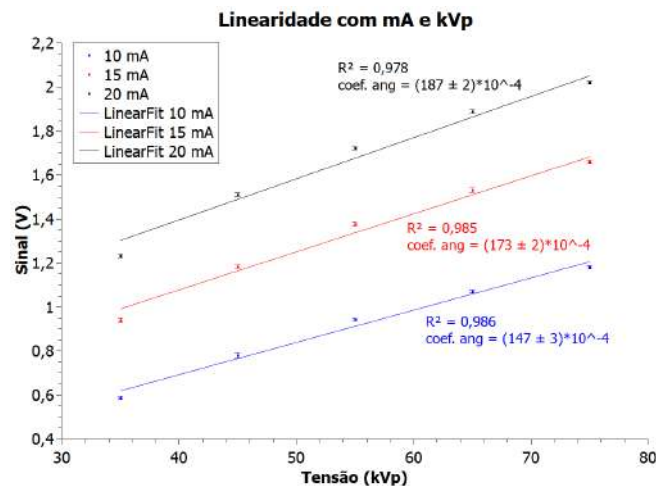


Figura 1: Linearidade com a tensão

Conclusões: O aparato montado se mostrou um promissor detector de radiação, se usados os parâmetros corretos de produção do feixe e as devidas correções de ganho de sinal. Foi possível obter sinal com correntes tão baixas quanto 3 mA. Uma aplicação imediata seria como recurso didático em laboratórios avançados de Física das Radiações, visto que são de baixo custo e montagem simples.



Estudo numérico da influência dos fatores de perda em transdutores de ultrassom do tipo Langevin para entrega transdérmica de fármacos

Cardoso, G. S.¹; Lopes, J. H.²; Lopez, R. V.³; Pavan, T. Z.¹

¹Departamento de Física, FFCLRP – Universidade de São Paulo

²Núcleo de Ciências Exatas – Universidade Federal de Alagoas, *Campus Arapiraca*

³Departamento de Ciências Farmacêuticas, FCFRP – Universidade de São Paulo

Contato: gutemberg.cardoso@usp.br

Introdução: Transdutores de ultrassom do tipo Langevin de baixa frequência tem se mostrado uma excelente ferramenta para aperfeiçoar a entrega transdérmica de fármacos. Entretanto, os fatores de perda dos materiais utilizados na construção do transdutor causam amortecimento mecânico e podem diminuir sua eficiência em produzir campos acústicos. Assim, o presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo numérico da influência dos fatores de perda na eficiência de transdutores de Langevin quando aplicados para entrega transdérmica de fármacos.

Materiais e Métodos: Utilizamos o software COMSOL Multiphysics para realizar estudos numéricos de um transdutor de Langevin operando com frequência de ressonância de 30 kHz. Nesse ambiente desenvolvemos estudos com e sem os fatores de perda. Parâmetros como impedância elétrica, deslocamento da ponta do transdutor e campo acústico produzido em água foram analisados e comparados.

Resultados e Discussões: Os resultados mostraram que, com exceção da frequência de ressonância, diversos parâmetros físicos importantes que caracterizam o transdutor foram altamente afetados. Por exemplo, o valor da impedância elétrica do transdutor aumentou em torno de 16 vezes, o deslocamento da ponta do transdutor diminuiu 94% e o campo acústico produzido em água foi aproximadamente 2 vezes menor.

Conclusões: Os resultados mostraram que os fatores de perda dos materiais componentes do transdutor são essenciais para uma descrição numérica precisa de sua eficiência, uma vez que tais fatores influenciam diretamente no campo acústico produzido e, com isso, na consequente eficácia de permeabilização da pele por parte das ondas acústicas transmitidas.

Impacto da armação para a proteção de óculos de sol

Andrade, A. P.¹; Guedes, P. M. L.²; Silva, P. T. X.³; Ventura, L.⁴

Departamento de Engenharia Elétrica – Universidade de São Paulo

Contato: pmlguedes@usp.br

Introdução: A norma brasileira para óculos de sol ABNT ISO 12312-1:2022 se limita em regular aspectos relacionados à espectroscopia das lentes em função da proteção de raios ultravioletas. Entretanto, a geometria das armações também possui um papel importante para a radiação retro-espalhada. O objetivo deste trabalho é realizar os primeiros testes para avaliar esta influência de forma quantitativa.

Materiais e Métodos: Com esse fim, foi desenvolvido um protótipo responsável por criar um ambiente de simulação da luz retro-espalhada para testar a proteção de diferentes tipos de armações de óculos de sol. O projeto é composto por uma esfera de LED's controlada



por um sistema embarcado e sensores de luminosidade fixados em uma cabeça de um manequim inserida no centro do globo (Fig. 1). Também foi utilizada uma tela iterativa responsável por facilitar a condução dos experimentos que simulam diferentes tipos de céus e albedos para a realização de ensaios adotando 5 diferentes geometrias de armação.

Figura 1: Protótipo desenvolvido para realização dos ensaios

Resultados e Discussões: Uma vez realizados os testes em 32 diferentes amostras, foi observado uma proteção de 77% associada aos óculos de armações mais finas, enquanto aqueles de estruturas maiores e mais grossas apresentaram valores de até 84%.

Conclusões: Como mensurado, pode-se inferir a importância de se medir a proteção das armações dos óculos de sol, para que, em conjunto com os requisitos atuais da norma, novos requisitos possam ser adicionados. Mais testes e avaliações serão realizados no futuro com a intenção de se obter uma melhor análise quantitativa.

Obtenção de Imagens Quantitativas Através Da Aplicação Do Problema Inverso Utilizando um Sistema Híbrido de Magnetorresistores Anisotrópicos e BAC

Alvarez, M.¹; Soares, G.¹; Miranda, J.¹

¹Departamento de Biofísica – Universidade Estadual Paulista - UNESP

Contato: marcelo.taconi@unesp.br

Introdução: A Biossusceptometria AC tem ganhado um novo cenário de estudos após sua recente capacidade de quantificação através da resolução do problema inverso (PI). Buscando ampliar os horizontes da técnica, novos tipos de sensores veem sendo aplicados, como é o caso dos sensores de magnetorresistência anisotrópicos (AMR). Assim, esse trabalho tem por objetivo explorar e aplicar esse novo sensor a fim de quantificar traçadores magnéticos em imagens por meio da solução de seu PI.

Materiais e Métodos: Após a modelagem do PI atrelado ao novo sensor, os dados para sua solução foram obtidos através de escaneamentos de fantasmas em uma mesa CNC e posterior processamento em ambiente Python.

Resultados e Discussões: Abaixo é apresentada uma imagem conceito de um fantoma de estômago e sua imagem quantitativa.

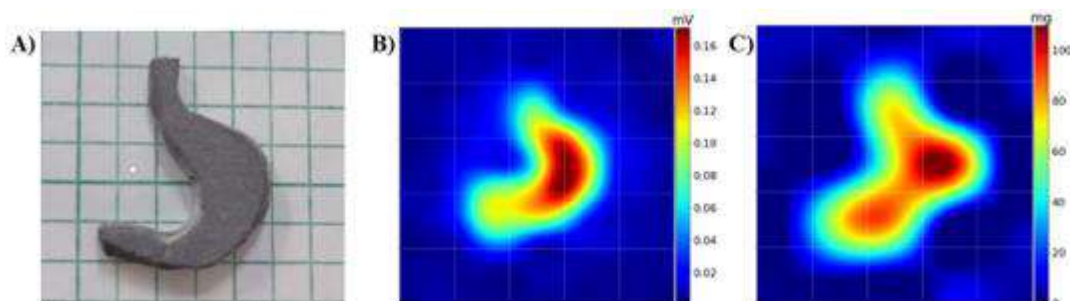


Figura 1: A) Imagem real do fantoma; B) Imagem do fantoma sem processamento e C) Imagem quantitativa processada pelo problema inverso.

A imagem sem processamento (B) se aproximou melhor que o esperado do formato do fantoma real. Apesar da degradação, a reconstrução quantitativa (C) obteve bom desempenho em relação aos resultados esperados e a quantificação do FOV diferiu em menos de 10% do valor real de massa do fantoma (400,5 mg).

Conclusões: A implementação dos sensores AMR permitiu elevar consideravelmente a resolução espacial da técnica, além de estabilizar a quantificação pela solução do PI, embora esta não seja muito precisa para baixas quantidades de material.



Viabilidade dosimétrica de compósitos luminescentes à base de $\text{CaSO}_4:\text{Tm,Li}$

Junot, D. O.¹, Souza, D. N.², Caldas, L. V. E.³

¹Instituto de Física Armando Dias Tavares - Universidade do Estado do Rio de Janeiro

²Departamento de Física - Universidade Federal de Sergipe

³Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/Comissão Nacional de Energia Nuclear

Contato: danilo.junot@uerj.br

Introdução: O objetivo desse trabalho foi analisar a viabilidade dosimétrica de compósitos de $\text{CaSO}_4:\text{Tm,Li}$ em dosimetria de feixes de radiação beta, utilizando-se técnicas luminescentes como a termoluminescência (TL) e a luminescência opticamente estimulada (OSL).

Materiais e Métodos: A caracterização dosimétrica dos cristais foi realizada utilizando-se a Leitora TL/OSL Risø, modelo DA-20. Em todas as análises foi utilizado o filtro Hoya U-340, com banda de transmissão entre 250 nm e 390 nm. As amostras foram irradiadas com fonte beta de $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, recebendo doses no intervalo de 100 mGy a 50 Gy. Os sinais OSL foram obtidas utilizando-se LEDs azuis, com potência óptica de 90%, durante 40 s.

Resultados e Discussões: Os compósitos de $\text{CaSO}_4:\text{Tm,Li}$ apresentaram sinais TL entre 100 °C e 350 °C, com picos em torno de 165 °C e 275 °C. A adição de lítio resultou num aumento significativo do sinal TL total das amostras, visto que a intensidade do pico em torno de 275 °C (temperatura ideal para o pico dosimétrico) praticamente dobrou. O sinal OSL das amostras apresentou-se bastante intenso, cerca de 80x maior que o sinal do $\text{CaSO}_4:\text{Tm}$, decaindo lentamente e permanecendo armazenado por bastante tempo. Os espectros de emissão TL denotaram emissões típicas dos íons Tm^{3+} (455 nm). Os coeficientes de variação de homogeneidade e reprodutibilidade ficaram abaixo de 9,5 % e os compósitos apresentaram resposta linear na faixa de dose empregada.

Conclusões: O aumento da intensidade luminescente nas amostras de $\text{CaSO}_4:\text{Tm,Li}$ configura uma importante vantagem da adição de lítio nessas amostras, pois resulta em dosímetros mais sensíveis, capazes de detectar doses menores. Tal vantagem possibilita uma ótima aplicação em controle de qualidade, monitoração pessoal e ambiental.



Algoritmo de Inteligência Artificial (IA) para segmentação de lesões de linfoma em imagens de PET-CT com 2-[18F]FDG

Gonçalves, G. L.¹; de Oliveira, C. E. G.¹; Cerqueira, C. H. P. V.²; Itikawa, E. N.¹

¹ Instituto de Física – Universidade Federal de Goiás

² Clínica da Imagem - Goiânia, GO

Contato: gustavo.lopes@discente.ufg.br

Introdução: O linfoma afeta as células do sistema linfático e pode ser avaliado através de imagens da área de Medicina Nuclear, em geral com radiofármaco 2-[18F]FDG. Nos últimos anos, o uso de recursos computacionais para auxílio diagnóstico tem crescido com o advento da Inteligência Artificial. O objetivo deste trabalho é apresentar uma ferramenta baseada em Machine Learning para segmentação e classificação de volume metabólico tumoral em imagens de PET/CT.

Materiais e Métodos: Foram utilizadas 338 imagens de PET/CT de indivíduos saudáveis e pacientes com linfomas Hodgkin e Não-Hodgkin (LDGCB), índex e interim. O tratamento das imagens foi feito utilizando MATLAB para segmentar os volumes seguindo o *threshold* relativo à captação maior que o SUV médio do fígado em um volume de 3 cm³. A rede neural convolucional será treinada com 270 estudos, e 68 estudos serão utilizados na etapa de teste.

Resultados e Discussões: Foram avaliados até o momento 338 pacientes (55% mulheres e 45% homens, tendo em média 50 anos). Os estudos de PET foram carregados na ferramenta de segmentação *Image Segmenter*, sendo possível separar volumes de interesse (cérebro, parênquima renal, bexiga e metástases). Utilizaremos esses dados para treinar a rede neural convolucional, para identificar e diferenciar regiões metastáticas de linfoma e tecidos saudáveis (cérebro, parênquima renal e bexiga).

Conclusões: Muitos softwares livres ainda apresentam lacuna no conhecimento considerando as limitações de técnicas de segmentação, i.e., falsos-positivos (tecidos normais como cérebro e bexiga) e falsos-negativos (linfonodos pequenos). Neste trabalho, propomos uma solução utilizando IA para aprimorar a acurácia e contribuir para o avanço do conhecimento na avaliação de Linfoma em Medicina Nuclear.

Aplicação de fonte linear para execução do teste de Velocidade da Mesa em Câmaras Cintilográficas e comparação com flood

Seraphim, D. M.¹; Jensen, L. E.²; Sakamoto, B. L.²; Zambuzi, R. L. T.²; Pina, D. R.³

¹Núcleo de Física Médica e Radioproteção – HCFMB Unesp - Botucatu; ²Faculdade de Medicina de Botucatu - Unesp - Botucatu; ³Departamento de Infectologia, Dermatologia, Diagnóstico por Imagem e Radioterapia da Faculdade de Medicina - UNESP - Botucatu

Contato: daniel.seraphim@unesp.br

Introdução: O teste de velocidade da mesa de exame da câmara cintilográfica para varreduras de corpo inteiro é um teste de controle de qualidade semestral exigido pelas normativas nacionais. O método de execução preconizado pela IAEA envolve o uso de uma fonte radioativa tipo flood. Essa abordagem requer que o serviço disponha de tal simulador: de Co-57 (selado e mais caro) ou preenchível, que envolve riscos de contaminação e aumenta a exposição do executor, uma vez que é necessário homogeneizá-lo. Como alternativa ao uso do flood, a própria IAEA propõe o uso de uma fonte tipo linear. Esse trabalho empregou materiais disponíveis no setor para criar uma fonte linear e avaliar as suas vantagens em relação ao uso flood na execução deste teste.

Materiais e Métodos: Foram utilizados: a) flood preenchível (10 mCi - Tc-99m); b) fonte linear fabricada com equipo de infusão (5 mCi - Tc-99m); c) corante alimentício; d) sacos plásticos e e) suporte para posicionar as fontes. As fontes foram posicionadas a 10 cm da face do detector (Figura 1) e foram adquiridas imagens de varredura em modo contínuo.



Figura 1 – Fonte linear montada a 10 cm da face do detector.

Resultados e Discussões: Apesar de envolver manipulação de solução radioativa, a fonte linear emprega menos atividade que o flood e não exige homogeneização. As imagens obtidas com ambas as fontes permitem avaliar os parâmetros propostos no teste.

Conclusões: O uso da fonte linear implica em menor tempo de preparo e menor exposição para o executor, além de poder ser fabricada com insumos de uso comum no setor.



Avaliação de doses fetais e maternas em um procedimento de medicina nuclear usando Tc^{99m}

Alves, A. S. B. Z.¹; Martins, N. B.²; Machado, A. T.²; Neves, L. P.^{1,2}; Perini, A. P.^{1,2}; Santos, C. J.²; Belinato, W.³; Santos, W.^{1,2}

¹Instituto de Física, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil

²Programa de Pós-graduação em Engenharia Biomédica, FEELT, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil

³Instituto Federal da Bahia – Vitória da Conquista, BA, Brasil.

Contato: arthur.zuchetti@ufu.br

Introdução: A avaliação da dose de radiação e o possível risco para uma mulher grávida e seu feto é uma tarefa importante na proteção contra radiação. O objetivo deste estudo foi avaliar as doses absorvida em um conjunto de órgãos e tecidos com importância dosimétrica da mãe e do feto.

Materiais e Métodos: Para representar uma paciente gestante foi utilizado o simulador antropomórfico com base em voxel, a Katja, uma mulher virtual na 24ª semana de gravidez, que atende as respectivas características antropométricas ICRP. Os cenários de irradiação foram desenvolvidos com o código de transporte de radiação MCNPX2.7.0.

Resultados e Discussões: Através da simulação foram obtidas as doses de um exame em uma gestante usando Tc^{99m} como marcador, apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Comparativo entre as doses nos principais órgãos no feto e na paciente. Entre parênteses estão os erros relativos percentuais.

Órgão/Tecido	Dose absorvida por atividade (mGy/MBq.s)	
	Materna	Fetal
Pulmão	$4,63 \times 10^{-7}$ (0,04)	$2,47 \times 10^{-7}$ (0,06)
Estômago	$1,39 \times 10^{-6}$ (0,03)	$3,46 \times 10^{-7}$ (0,07)
Fígado	$8,15 \times 10^{-7}$ (0,04)	$2,56 \times 10^{-7}$ (0,07)
Cérebro	$1,74 \times 10^{-8}$ (0,05)	$5,55 \times 10^{-7}$ (0,05)
Rins	$1,80 \times 10^{-6}$ (0,04)	$3,61 \times 10^{-7}$ (0,07)

Conclusões: Os órgãos que obtiveram os maiores valores de doses foram os rins, bexiga e tireoide para a paciente e pele, cérebro e crânio para o feto. O conjunto de dados de valores S calculado pode fornecer ao campo de dosimetria da medicina nuclear uma nova perspectiva envolvendo dosimetria interna em gestantes.



Comparação de achados anatômicos com percentual de perfusão pulmonar em exames de SPECT/CT com software 3D Slicer

Seraphim, D.M.¹; Alvarez, M.¹; Alves, A. F. F.²; Miranda, J. R. A.²; Pina, D.R.³

¹Núcleo de Física Médica e Radioproteção – HCFMB Unesp - Botucatu; ²Departamento de Biofísica e Farmacologia do Instituto de Biociências de Botucatu – Unesp - Botucatu; ³Departamento de Infectologia, Dermatologia, Diagnóstico por Imagem e Radioterapia da Faculdade de Medicina - Unesp - Botucatu

Contato: daniel.seraphim@unesp.br

Introdução: A tomografia computadorizada (CT) e a tomografia computadorizada por emissão de fóton único (SPECT) são técnicas de imagem para diagnóstico, estadiamento e quantificação de diversas condições pulmonares. Estudos anteriores propuseram métodos de avaliar e comparar dados dessas duas modalidades de imagem. Esse trabalho desenvolveu e aplicou uma metodologia para segmentação e quantificação de achados anatômicos (CT) e funcionais (SPECT) em exames SPECT/CT de perfusão pulmonar com o software livre 3D Slicer. São apresentados resultados preliminares dos achados.

Materiais e Métodos: Banco de dados com 39 imagens DICOM: 30 – laudo de perfusão normal e 9 – laudo indicativo de defeitos de perfusão. As imagens foram carregadas no 3D Slicer, onde o algoritmo de segmentação e quantificação foi aplicado para se obter: volume anatômico dos pulmões (CT); acometimentos morfológicos – enfisema, colapsado e infiltrado (CT); e volume de perfusão pulmonar (SPECT). Os percentuais de cada acometimento morfológico foram correlacionados com o percentual funcional no software estatístico RStudio através do teste de correlação de Spearman para variáveis não paramétricas, com hipótese nula “não há correlação entre as variáveis”.

Resultados e Discussões: Os resultados preliminares indicam não haver correlação significativa entre a perfusão pulmonar e os acometimentos. Os resultados dos testes foram: a) Perfusão vs Colapsado (valor-p=0,5396; rho=-0.0974); b) Perfusão vs Enfisema (valor-p=0,511; rho=-0.09464) e c) Perfusão vs Infiltrado (valor-p=0,0224; rho=0,3529).

Conclusões: Apesar dos resultados preliminares não indicarem correlação entre os achados morfológicos e funcionais nos pacientes do banco de dados, a técnica de análise desenvolvida se põe como uma ferramenta promissora para suplementar o diagnóstico médico.



Desenvolvimento de código para análise automatizada do teste do co-registro espacial de fontes multi-energéticas em gama câmaras

Hutim, MSA.¹; Grigio, AFR.¹; Marques, JB. ;¹; Simoes, RFP.¹

¹ Departamento de Física Médica – Instituto Nacional de Câncer

Contato: millena.andrade@edu.inca.gov.br

Introdução: A Agência Internacional de Energia Nuclear (IAEA) disponibiliza um *toolkit* para o *software open source* ImageJ® FIJI para análise de testes de controle da qualidade de gama câmaras, entretanto, este não abrange o teste de co-registro espacial de fontes multi-energéticas (MWSR). Devido a essa limitação, este estudo propõe um método automatizado para realizar sua análise.

Materiais e Métodos: As imagens de MWSR foram obtidas pelos equipamentos BrightView (Phillips®), Millenium (GE®) e Symbia Intevo (Siemens®) conforme protocolo NEMA e analisadas pelo plugin criado no ImageJ® FIJI. A validação foi realizada pela comparação com os resultados do método de análise manual, utilizando a ferramenta de localização do centro de massa disponível no mesmo software.

Resultados e Discussões: O plugin desenvolvido realiza uma análise automática, na qual projeta um perfil para cada posição nas direções do eixo X e Y, identificando com maior precisão o ponto de máximo do ajuste gaussiano da curva dada pela distribuição dos pontos. As incertezas foram estimadas a partir do limiar de frequência de Nyquist para a distribuição dos pixels. Com base na tabela 1 e no cálculo do valor-p através do teste de hipótese t-Student não pareado para única amostra, pode-se afirmar que não há diferença estatisticamente significativa entre os dados analisados manualmente e aqueles obtidos pelo plugin. A análise utilizando o plugin demandou 2 min, em média, enquanto o método manual, 20 min.

Tabela 1: Desv. máx. e suas respectivas diferenças, valor-p e limite de ref. do fabricante.

Fabricante	Desvio máx. manual [mm]	Desvio máx. plugins [mm]	Δ Desvio máx. [mm]	Valor-p	Limite ref. do fabricante [mm]
Phillips® DET1	0,34 ± 0,15	0,3 ± 0,15	-0,04	0,35	0,80
Phillips® DET2	0,32 ± 0,15	0,3 ± 0,15	-0,02	0,74	0,80
GE®	1,25 ± 0,28	1,2 ± 0,28	-0,05	0,24	2,00
Siemens®	0,13 ± 0,14	0,2 ± 0,14	0,07	0,06	1,00

Conclusões: O uso do plugin desenvolvido é viável para análise do MWSR com vantagens como a minimização de equívocos associados à interferência do operador, a redução do tempo de análise (10% por detector) e a maior capacidade de reprodutibilidade no processo de análise, sob um custo computacional irrelevante.

Desenvolvimento de um modelo simples de Tomógrafo por Emissão de Pósitrons utilizando a eletrônica PETSYS TOFPET2

Raed, M.D.¹; Bonifacio D.A.B². Moraes E.R.¹;

¹Departamento de Física, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto
Universidade de São Paulo

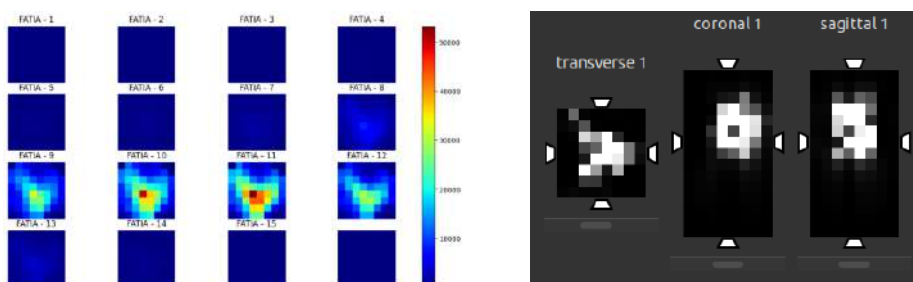
²Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/Comissão Nacional de Energia Nuclear
(IPEN/CNEN)

Contato: michelraed@usp.br

Introdução: A tomografia por emissão de pósitrons é utilizada em diversas áreas, como estudos de novos fármacos, e pesquisas translacionais e imagem molecular. Nesse âmbito, este trabalho visa a partir da Eletrônica de detecção PETSYS TOFPET2 elaborar um protótipo de sistema de tomografia por emissão de pósitrons, para utilização em estudos pré-clínicos envolvendo pequenos animais.

Materiais e Métodos: Utilizamos a eletrônica de detecção PETSYS TOFPET2 para a montagem de um arranjo experimental composto por dois cristais segmentados, no qual uma fonte de ²²Na localizada no centro do sistema, pode ser rotacionada de modo a obter distintos ângulos de aquisição permitindo a obtenção da imagem.

Resultados e Discussões: Os distintos ângulos coletados foram organizados e processados de modo obter os sinogramas, utilizados para a reconstrução tomográfica.



Figuras 1 e 2) Imagens Obtidas utilizando o sistema reconstruído. As imagens foram reconstruídas utilizando o algoritmo OSEM

Conclusões: O sistema em desenvolvimento mostrou-se capaz de adquirir e montar os sinogramas para aquisições com fonte rotante, entretanto, os resultados apresentados são apenas preliminares, sendo necessários estudos mais aprofundados da resposta do sistema de modo a obter imagens de melhor qualidade.

Dosimetria interna pré-terapêutica para iodoterapia em Doença de Graves - Comparação de métodos

Jensen, L. E.¹; Seraphim, D. M.²; Zambuzi, R. L. T.¹; Koga K. H.¹; Mazeto G. M. F. S.²;
Pina, D. R.²; Moriguchi, SM.¹

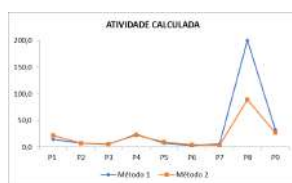
Faculdade de Medicina¹; Hospital das Clínicas² – Botucatu, Unesp

Contato: lucas.jensen@unesp.br

Introdução: A Doença de Graves (DG) é a causa mais comum de hipertireoidismo. O tratamento ablativo com iodo ^{131}I é frequente e visa o controle da doença, cuja eficácia baseia-se na quantidade de radioiodo depositada por massa na tireoide. Em contrapartida, existe a preocupação crescente em otimizar a atividade administrada para cada paciente visando minimizar efeitos adversos radioinduzidos, calculados pela dosimetria interna (DI). Técnicas de cálculo têm sido propostas. O objetivo deste estudo é comparar resultados obtidos a partir das duas técnicas para cálculo da atividade de radioiodo com finalidade ablativa em portadores de DG.

Materiais e Métodos: Dois métodos de cálculo de DI pré-terapêutica foram utilizados, considerando valores de leituras da captação de ^{131}I (RIU) após sua administração e massa tireoidiana. O método 1 (M1) utilizou quatro pontos de RIU (2h, 6h, 24h e 120h a 192h) e o método 2 (M2) utilizou um ponto de RIU (24h). Os tempos de residência do ^{131}I em cada paciente foram calculados através das RIU no Software Matlab. A partir desses dados, foi calculada a atividade terapêutica pelos métodos M1 e M2, tendo por finalidade garantir a entrega de dose absorvida de 300 Gy para a ablação da tireoide.

Resultados e Discussão preliminares: Foram analisados oito pacientes do sexo feminino e um do masculino com uma média de idade de 47 anos. A média da massa tireoidiana foi de 15,82 g. Houve diferença média de 31,12% para a dose calculada entre os dois métodos (M1=33,2 mCi e M2 = 21,3 mCi), apresentados na figura 1.



Conclusão: Os resultados preliminares mostram que os dois métodos apresentam resultados com diferenças compatíveis com o descrito na literatura. Caso isso se confirme, protocolos otimizados poderão ser propostos, considerando a diferença conhecida.



Estimativa da produção do radioisótopo ^{99}Mo por fotoativação via aceleração de plasma a laser no regime automodulado

Rodrigues, Enio R.F.¹; Nunes, Bruno S.^{1,2}; Bonatto, Alexandre^{1,2}

¹ Grupo de Física de Feixes e ²PPGTIGSaúde, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

Contato: enior@ufcspa.edu.br

Introdução: Aceleradores de plasma a laser por campo de rastro operando no regime automodulado (ou SM-LWFA, do inglês *self-modulated laser wakefield accelerators*) podem tornar-se uma alternativa limpa, compacta e moderna para a produção de radioisótopos por meio de reações fotonucleares, desencadeadas a partir das radiações emitidas na desaceleração de feixes de elétrons altamente energéticos, que podem ser produzidos por esses aceleradores. Este trabalho visa investigar a produção do radioisótopo molibdênio-99 (^{99}Mo , meia vida de 66h) em um alvo de molibdênio enriquecido (^{100}Mo), utilizando um feixe de elétrons otimizado para a fotoativação.

Materiais e Métodos: O espectro de energias de um feixe de elétrons produzido via SM-LWFA foi obtido a partir de simulações *particle-in-cell* (PIC), realizadas com o código FBPIC, e utilizado como fonte de radiação em simulações de Monte Carlo, realizadas com o código TOPAS. Nessas simulações, o feixe é incidido em diferentes configurações de alvos que contém camadas de tântalo (Ta) e de ^{100}Mo .

Resultados e Discussões: A configuração ótima, obtida pelos parâmetros da Tabela 1 em conjunto com um alvo de 16 mm de Ta e 14 cm de ^{100}Mo , resultou em uma atividade de 9,44 GBq, o que representa um aumento significativo em relação a outros trabalhos.

Tabela 1: Produção de ^{99}Mo via fotoativação.

N	Radioisótopo	Átomos por disparo	Tempo de irradiação	Taxa de repetição	Atividade
$8,14 \times 10^8$	^{99}Mo	$2,02 \times 10^7 (\pm 679)$	60 h	1 kHz	$9,44 (\pm 0,0032)$ GBq

Conclusões: A produção observada de ^{99}Mo por reações fotonucleares é elevada, se comparada com outros resultados da literatura. A atividade produzida a partir do ^{100}Mo seria suficiente para uso clínico do radioisótopo tecnécio-99m ($^{99\text{m}}\text{Tc}$). Estudos adicionais serão realizados para alvos de molibdênio natural. Além disso, métodos que viabilizem a extração do ^{99}Mo produzido precisam ser investigados e desenvolvidos.



Estimativa de tempo de internação em isolamento radiológico de pacientes portadores de carcinoma diferenciado de tireoide (CDT) submetidos à 100 mCi de radioiodoterapia

Zambuzi, RLT.¹; Seraphim, DM.²; Corrente, JE¹; Mazeto, GMFS¹; Jensen LE¹; Koga KH¹; Pina, D. R.²; Moriguchi, SM¹

Faculdade de Medicina¹; Hospital das Clínicas² - Botucatu, Unesp

Contato: rafael.zambuzi@unesp.br

Introdução: Em pós tireoidectomizados por CDT, a terapia com radioiodo 131 tem sido empregada como tratamento complementar. O órgão regulatório de proteção radiológica (CNEN) determina a necessidade de internação radiológica (IR) com atividade radioativa acima de 50 mCi e alta com taxa de dose menor ou igual a 30 $\mu\text{Sv/h}$. Esse estudo objetivou verificar o tempo de permanência de internação (TPI) em portadores de CDT tratados com 100 mCi e estimar, através de um modelo matemático, o tempo mínimo para atingir os níveis dosimétricos para alta radiológica.

Materiais e Métodos: O TPI foi calculado como a diferença de tempo entre administração do iodo até alta. O tempo mínimo estimado de permanência foi calculado pela equação: $T_f = T_0 e^{-(\lambda t)}$, onde: T_0 (taxas de dose inicial pós administração radioiodo) e T_f (final, antes da alta, considerando $T_f \leq 30 \mu\text{Sv/h}$), λ = constante de decaimento do nuclídeo no organismo, t = tempo.

Resultados e Discussões: Amostra caracterizada por trinta e sete pacientes (feminino: 32; masculino: 6), com média de idade de 53,56 anos. O tempo estimado calculado de internação para a alta é praticamente a metade do TPI apresentado na tabela abaixo.

Variáveis	Média \pm DP	Min - máx
Tempo de permanência internação (horas)	22,37 \pm 1,73	18,33 - 28,50
Tempo estimado calculado (horas)	12,84 \pm 4,65	5,92 - 26,00
Taxa de dose inicial ($\mu\text{Sv/h}$)	57,87 \pm 12,46	35,20 - 87,00
Taxa de dose final ($\mu\text{Sv/h}$)	18,86 \pm 5,11	8,00 - 9,90

Conclusão: Alguns pacientes poderiam ter alta radiológica com menor TPI. Tal mudança poderá trazer benefícios aos pacientes (conforto domiciliar) e para a instituição (maior rotatividade de leito). Estudos prospectivos com mensurações de taxa de dose em menores intervalos devem ser conduzidos para confirmar tal hipótese.



Machine Learning para identificação de fenótipos de Esclerose Múltipla

Fortes, G.R.M., Faria, D.P., Itikawa, E.N.

Instituto de Física - Universidade Federal de Goiás

Centro de Medicina Nuclear INRAD - Universidade de São Paulo

Contato: gabriel.morais@discente.ufg.br

Introdução: A Esclerose Múltipla (EM) é uma doença autoimune que ataca as bainhas de mielina, debilitando a comunicação entre neurônios. A EM pode ser classificada nos seguintes fenótipos: remissiva recorrente (EMRR) e progressiva (EMP). Nosso objetivo foi desenvolver um algoritmo em Python para identificar pacientes vs. controles, e, posteriormente, distinguir os fenótipos da doença.

Materiais e Métodos: Utilizou-se imagens de PET (^{11}C -PIB e ^{11}C -PK11195) e de Ressonância Magnética (ponderadas em T1). Foram obtidas imagens de 49 pacientes e 19 controles. Um algoritmo, usando de PCA e LR, foi desenvolvido na plataforma Google Colab em Python para a diferenciação entre pacientes e controles de EM nesta primeira etapa.

Resultados e Discussões: Em nossos resultados preliminares, o algoritmo realizou a classificação entre pacientes e controles com acurácias promissoras, obtidas das matrizes de confusão como apresentado na Tabela 1.

	RM	^{11}C -PIB	^{11}C -PK11195
Acurácia	88.46%	68.00%	77.27%

Tabela 1: Acurácia por grupo de imagens.

Conclusões: Os resultados preliminares deste trabalho são promissores, e de acordo com a literatura, como era esperado o desempenho das imagens de T1. O balanceamento no número de imagens entre pacientes e controles poderá aprimorar o desempenho das imagens funcionais e contribuir para o desempenho do modelo na segunda etapa, de avaliação do modelo para classificação dos fenótipos da EM.



Valor preditivo negativo do [^{99m}Tc]-ECD na doença de Alzheimer: um estudo com SPM

Lopes-Oliveira, H.¹; Vieira, E.P. G.B.¹; Alexandre-Santos, L.³; Wichert-Ana, L.³.
Cerqueira, C.H. P. V.²; Itikawa, E.N.¹

¹ Instituto de Física – Universidade Federal de Goiás

² Clínica da Imagem - Goiânia

³ Serviço de Medicina Nuclear & PET/CT - HCRP - USP

Contato: heloisylopes14@gmail.com

Introdução: O diagnóstico precoce da doença de Alzheimer ainda é um grande desafio, e nem todos os centros de MN possuem equipamento de PET/CT, que apresenta alta acurácia, conforme a literatura. Neste trabalho propomos uma avaliação de estudos de SPECT cerebral de pacientes com suspeitas de doenças neurodegenerativas para avaliar o valor preditivo negativo da técnica para a doença de Alzheimer (DA) através do SPM (*Statistic Parametric Mapping*) nas regiões do precuneus, giro do cíngulo posterior e pólo temporal posterior.

Materiais e Métodos: Foram utilizados estudos cerebrais de SPECT com [^{99m}Tc]-ECD de 26 pacientes com suspeita de doenças neurodegenerativas na Clínica da Imagem de Goiânia e 10 estudos de sujeitos normais compartilhados pelo Serviço de Medicina Nuclear - HCRP. Todas as imagens foram normalizadas e processadas na *toolbox* SPM 12 utilizando MATLAB R2021a.

Resultados e Discussões: Em nossos resultados preliminares de 5 pacientes, obtivemos clusters de hipocaptção em regiões frontais e/ou temporais. Estes não são achados clássicos da DA, mas cujo padrão de perfusão pode indicar uma doença neurodegenerativa fronto-temporal. Não encontramos clusters com diferença significativa de perfusão quando comparada aos sujeitos saudáveis nas regiões do precuneus, do giro cíngulo posterior e do pólo temporal posterior.

Conclusões: Nossos resultados preliminares sugerem o valor preditivo negativo da técnica de SPECT com [^{99m}Tc]-ECD para DA através de estudos com SPM.



Alterações estruturais cerebrais de pacientes com diagnóstico de depressão avaliados por imagens de ressonância magnética

LAMAS, L.; LEONI, R. F.

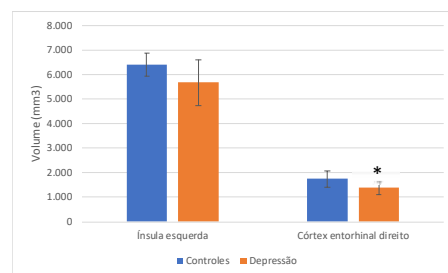
Departamento de Física – Universidade de São Paulo Campus Ribeirão Preto

Contato: livialamas@usp.br

Introdução: Transtornos depressivos são conhecidos por levar à alta incapacidade, decorrente de perdas estruturais e cognitivas no cérebro, e há indícios de que sintomas depressivos são predominantes em idosos. Portanto, uma vez que alterações morfológicas cerebrais podem ser investigadas através de imagens por ressonância magnética (IRM), o presente trabalho teve como objetivo utilizar IRM para avaliar as alterações de estruturas cerebrais em pacientes idosos diagnosticados com depressão, relacionando-as com o grau da doença.

Materiais e Métodos: Do banco de dados OASIS-3 foram selecionados 32 participantes (60 a 93 anos) cognitivamente normais – 16 diagnosticados com depressão leve e 16 com grau 0 na Escala de Depressão Geriátrica (GDS). Imagens por ressonância magnética de alta resolução adquiridas em equipamento de 3 T foram utilizadas para segmentação de regiões cerebrais pelo software *FreeSurfer*. Compilou-se valores de espessura cortical e volume de estruturas cerebrais apontadas na literatura¹ como alvo de atrofia em casos de depressão. Utilizou-se o teste t para as duas amostras, presumindo variâncias equivalentes, para comparação entre grupos, considerando $p < 0,05$ corrigido para múltiplas comparações (Bonferroni).

Resultados e Discussões: O teste t mostrou uma redução significativa do volume do córtex entorrinal direito em casos de depressão leve, ademais, o córtex insular esquerdo apresentou uma tendência a apresentar uma atrofia. Tais regiões são responsáveis pela memória e por respostas emocionais, respectivamente.



Conclusões: Esse foi um trabalho piloto, em que mostramos resultados preliminares que apontam para uma atrofia em regiões cerebrais comumente relacionadas à depressão. O próximo passo é aumentar o número de participantes para ser possível fazer uma análise mais detalhada de regiões corticais e subcorticais.

Referências bibliográficas

[1] ANCELIN, Marie-Laure *et al.* Lifetime major depression and grey-matter volume. *Journal of psychiatry and neuroscience*, v. 44, n. 1, p. 45-53, 2019.



Atrofia cerebral em doença de Alzheimer avaliada por Imagens de Ressonância Magnética

Ferreira, I. C.; Leoni, R. F.

Departamento de Física – FFCLRP – Universidade de São Paulo

Contato: isadoracamargoferreira@usp.br

Introdução: A Doença de Alzheimer (DA) é uma enfermidade neurodegenerativa, podendo gerar um quadro de demência, relacionado à atrofia cerebral. Essa tem sido observada precocemente em estruturas temporais mediais, incluindo o hipocampo [1]. O objetivo deste trabalho foi avaliar atrofia cerebral, global e regional, em pacientes com DA. É a primeira parte de um estudo mais amplo que visa buscar biomarcadores para a doença, incluindo funcionais e cerebrovasculares.

Materiais e Métodos: 48 pacientes com diagnóstico de DA (76 ± 8 anos, 27 homens e 21 mulheres; $CDR\geq 1.0$) foram selecionados do banco de dados, *Open Access Series of Imaging Studies 3* (OASIS-3). Foram excluídos pacientes com acidente vascular cerebral isquêmico ou transiente, doença de Parkinson, epilepsia e traumatismo craniano. 48 participantes sem DA compuseram o grupo controle (76 ± 8 anos, 26 homens e 22 mulheres; $CDR=0$). A segmentação do tecido cerebral foi feita pelo FreeSurfer para obtenção de volume e espessura cortical. Utilizou-se teste-t para comparar os resultados entre os grupos, considerando significância para $p<0,05$, corrigido para múltiplas comparações.

Resultados e Discussões: Observou-se redução do volume da substância cinzenta cortical e subcortical, e dos ventrículos laterais inferiores de ambos os hemisférios. Aumento do volume da amígdala esquerda. Redução da espessura cortical, bilateralmente, dos córtices entorrinais, fusiformes, parietais superiores e inferiores, temporais inferiores, médios e superiores, parahipocampais e supramarginais. Além da redução da espessura do cíngulo, orbitofrontais lateral e medial, lingual frontal superior e ínsula no hemisfério esquerdo. Essas regiões estão relacionadas à atenção, reconhecimento de objetos, processamento de sons complexos, linguagem e memória.

Conclusões: Observou-se atrofia cerebral nos pacientes em regiões relacionadas a processos cognitivos normalmente reportados com alterações em DA. As próximas etapas consistem em avaliar vasorreatividade cerebral e conectividade funcional, e correlacionar todos os parâmetros com avaliações cognitivas.

Referências bibliográficas

[1] Bachmann T, et al. Longitudinal changes in surface based brain morphometry measures in amnesic mild cognitive impairment and Alzheimer's Disease. *Neuroimage Clin.* 2023 Mar 8;38:103371. doi: 10.1016/j.nicl.2023.103371.



Avaliação da U-Net na Segmentação de Tratos de Curta Extensão Utilizando Imagens Clínicas Convencionais

Konell, H. G.¹; Salmon, C. G. E.¹

¹Departamento de Física, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto – USP

Contato: hohana.konell@usp.br

Introdução: A acurácia das estratégias de segmentação de tratos é essencial para se estudar a conectividade estrutural do cérebro. A rede U-Net é conhecida por sua capacidade na segmentação de imagens, e sua aplicação na segmentação de grandes tratos vem mostrando ótimos resultados, contudo o mesmo não foi alcançado para os de curta extensão¹. O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade dessa rede em prever tratos curtos em dados adquiridos na prática clínica.

Materiais e Métodos: Foram utilizadas imagens de 175 indivíduos do Projeto de Conectoma Humano (HCP) e 30 imagens de indivíduos saudáveis do Hospital Universitário de Ribeirão Preto (HCRP). Para o treinamento da rede foram utilizados 100 indivíduos, 15 para validação e 90 para teste (60 do HCP e 30 do HCRP). Cinco tratos pequenos foram avaliados (comissura anterior, posterior e hipocampal, fórnix e fascículo uncinado) e dois tratos de grande extensão (córtico-espinhal e fascículo inferior fronto-occipital). Como dado de entrada para a rede U-Net foi utilizado a imagem contendo as três direções principais por voxel obtidas por meio do software MRtrix3³. A métrica utilizada para avaliar a precisão da predição foi a pontuação Dice.

Resultados e Discussões: Para os dados do teste HCP, a pontuação Dice obtida foi satisfatório, sendo superior a 0,62 para tratos curtos, mesmo para aqueles com altos níveis de curvatura, como fórnix e fascículo uncinado (Tabela 1). Quando aplicado a dados clínicos, podemos observar uma redução notável na precisão das previsões, o que é esperado devido à alta qualidade dos dados usados no treinamento.

Tabela 1. Pontuação Média (DP) Dice

	Tratos de Curta Extensão						Tratos de Longa Extensão				
	AC	HC	PC	FX L	FX R	UF L	UF R	CST L	CST R	IFO L	IFO R
Literatura ¹ (N=21)	0.66	-	-	0.66	0.63	0.78	0.66	0.84	0.84	0.82	0.83
Dados HCP (N=60)	0.61 (0.05)	0.60 (0.12)	0.63 (0.14)	0.62 (0.10)	0.62 (0.12)	0.64 (0.12)	0.70 (0.08)	0.75 (0.04)	0.83 (0.02)	0.66 (0.04)	0.63 (0.06)
Dados Clínicos (N=30)	0.41 (0.10)	0.54 (0.12)	0.50 (0.12)	0.51 (0.12)	0.44 (0.14)	0.52 (0.10)	0.47 (0.06)	0.63 (0.07)	0.57 (0.07)	0.50 (0.09)	0.53 (0.06)

Conclusões: O uso das redes neurais é um ótimo recurso para otimizar a segmentação de tratos específicos e aumentar a reprodutibilidade desta tarefa. Contudo, essa abordagem deve ser utilizada com cautela em dados adquiridos em diferentes condições experimentais.

Referências bibliográficas

¹Wasserthal, J., *et al*: TractSeg - Fast and accurate white matter tract segmentation. **Neuroimage** v. 183, p. 239–253, 2018.

²Tournier, J.-D. *et al*. MRtrix3: A fast, flexible and open software framework for medical image processing and visualisation. **Neuroimage** v. 202, 2019.

Avaliação de componentes Paramagnéticas e Diamagnéticas em Mapas Quantitativos de Susceptibilidade Magnética

Otsuka, F. S.¹; Avanzine, A.¹; Licarião, L. B. S.¹; Azevedo, J. H. M.^{1,2}; Salmon, C. E. G.¹

InbrainLab – FFCLRP/USP¹; PPGNEURO – FMRP/USP²

Contato: fabio.otsuka@usp.br

Introdução: Mapas Quantitativos de Susceptibilidade Magnética (QSM) refletem a susceptibilidade magnética resultante em cada voxel da imagem. Recentemente, métodos de decomposição do QSM em componentes para/diamagnéticas foram propostas. Neste estudo foram avaliadas as relações que o QSM e suas componentes apresentam com concentrações de diferentes metais em estruturas dos núcleos da base.

Materiais e Métodos: Imagens 3DGRE postmortem e amostras cerebrais de 7 indivíduos sem evidências de doenças neurológicas foram utilizadas. Mapas de QSM e a separação de componentes foram processadas, e a concentração de diferentes metais foi medida por meio de Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS).

Resultados e Discussões: Foi observada uma alta correlação entre o ferro total e o QSM e a componente Paramagnética, e uma fraca correlação com a componente Diamagnética. Outros metais não mostraram uma correlação significativa com o QSM.

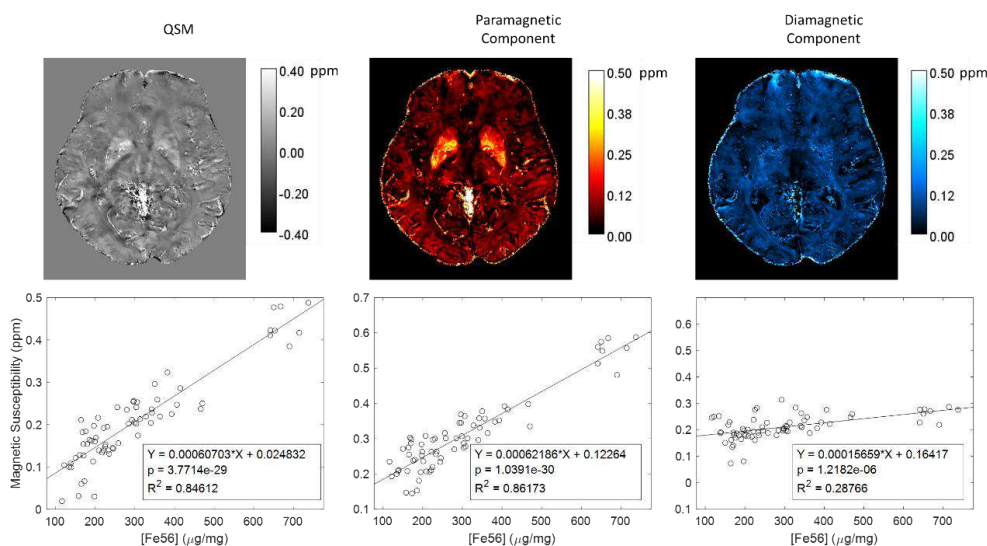


Figura 1 – Linha de cima: mapas de QSM, componente Paramagnética e componente Diamagnética; linha de baixo: Ajuste linear entre os valores de susceptibilidade obtidos por cada mapa e a concentração total de ferro obtida por ICP-MS.

Conclusões: A alta correlação observada, associada com a separação de componentes indicam que o ferro contribui fortemente para o contraste observado nessas regiões. Em estudos futuros espera-se incluir uma quantidade maior de sujeitos, assim como avaliações em outras regiões cerebrais, assim como técnicas espectroscópicas adicionais.



Avaliação de esquema CADx em imagens de *phantom* na mamografia digital

Junqueira Fortes Cardoso, Fernanda; Schiabel, Homero.

Departamento de Eng. Elétrica e de Computação – Universidade de São Paulo

Contato: fernandajunqueirafortes@usp.br, homero@sc.usp.br

Introdução: O uso de ferramentas computacionais para o auxílio em mamografia digital já pode ser considerado como um recurso intrínseco ao processo de avaliação dos exames mamográficos, com possibilidade de aplicação de esquemas do tipo CADe/CADx (*Computer-aided* Diagnosis). Como, para determinar a eficácia destes esquemas, necessita-se de grande conjunto de imagens, o principal objetivo deste trabalho é avaliar um esquema CADx previamente desenvolvido para imagens digitalizadas, utilizando agora uma base de imagens obtidas a partir de exposições em mamógrafos do tipo DR de um *phantom* de mama capaz de gerar diversos padrões aleatórios. Essa avaliação deve permitir o aprimoramento desse esquema computacional para utilização prática eficaz.

Materiais e Métodos: A partir do auxílio de uma base de imagens do *phantom* mamográfico, com gabarito (conhecimento do tipo e localização de nódulos simulados), foi utilizado um aplicativo de um esquema CADx previamente desenvolvido para classificar nódulos simulados, determinando suas taxas de sensibilidade e especificidade. Aqui, esses testes focaram imagens obtidas a partir de um mamógrafo GE Essential.

Resultados e Discussões: Os resultados da avaliação do processo de classificação obtidos nos testes preliminares com um conjunto de imagens do *phantom* estão na Tabela 1.

Sensibilidade(%)	Especificidade (%)	Erro (%)
82,8	94,6	10,6

Tabela 1: Sensibilidade, especificidade e erro obtidos pela aplicação do esquema CADx.

Conclusões: No que se refere à classificação de nódulos redondos, o esquema mostrou-se como uma ferramenta eficaz para o auxílio diagnóstico (com taxa de especificidade de 94,6%). Em relação à identificação de nódulos espiculados, nota-se que o desempenho (sensibilidade de 82,8 %) indica ainda necessidade de aprimoramentos, correspondente à adaptação dos processos internos ao modelo de imagens mamográficas digitais obtidas nos atuais sistemas DR de mamografia. Avaliações do modelo para imagens geradas em mamógrafos com sistemas diferentes de aquisição serão realizadas na próxima etapa.



Classificação de nódulos pulmonares em exames de tomografia computadorizada: uma abordagem utilizando rede neural convolucional com imagens 3D

Almeida, C. B.¹; Gomes, L. P.¹; Gonçalves, F. H. B.¹; Mello, M. C.¹; Alves, A. F. F.¹

¹Departamento de Biofísica e Farmacologia – IBB UNESP Botucatu

Contato: cb.almeida@unesp.br

Introdução: O câncer é uma das doenças que mais matam no Brasil e no mundo. De acordo com o INCA, o câncer de pulmão foi a principal causa de óbito em 2020. Deste modo, é importante que a doença seja diagnosticada precocemente de modo a viabilizar um tratamento efetivo. Dentre os procedimentos diagnósticos, a tomografia computadorizada (TC) é a modalidade com maior chance de detecção dos nódulos [1].

Neste trabalho, utilizamos uma abordagem de Deep Learning, denominada rede neural convolucional, para classificar nódulos em exames de tomografia computadorizada pulmonar, de modo a contribuir com o diagnóstico precoce do câncer.

Materiais e Métodos: Foram utilizados 312 exames retrospectivos, fornecidos como um banco de dados pelo Centro Hospitalar e Universitário de São João em Porto, Portugal. Foram construídos cubos contendo os nódulos de tamanhos 6x6x6, 10x10x10 e 20x20x20 pixels. Este método é uma implementação de uma rede neural convolucional em TensorFlow para classificação de imagens 3D.

Resultados e Discussões: Os nódulos foram classificados entre: sólidos, parcialmente sólidos, e opacos. A relação entre a dimensão dos cubos, quantidade de épocas e a acurácia pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1: Comparação da acurácia de validação para classificação dos nódulos.

Dimensão do cubo	Épocas	Acurácia
6x6x6	1000	64,7%
10x10x10	500	61,3%
20x20x20	500	62,5%

Conclusões: A partir deste estudo foi possível propor uma classificação preliminar nas imagens de TC de modo tridimensional para diferenciar nódulos pulmonares.

Referências bibliográficas

[1] VAN KLAVEREN, Rob J. et al. Management of lung nodules detected by volume CT scanning. *New England Journal of Medicine*, v. 361, n. 23, p. 2221-2229, 2009.



Conectividade funcional cerebral por ressonância magnética em repouso em pacientes com doença de Parkinson *de novo*

Fernandes, M. S. de Q.¹; Ragassi, G. S.¹; Leoni, R. F.¹

¹Departamento de Física (FFCLRP) – Universidade de São Paulo

Contato: milene.fernandes@alumni.usp.br

Introdução: A doença de Parkinson (DP) é multifatorial, sem razão clara definida e tratamento preventivo, de forma que o diagnóstico precoce é essencial. Atrofia cerebral e alterações funcionais são reportadas, mas com resultados conflitantes, sendo que o tempo de doença e o tratamento são diferentes entre os estudos. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar estrutura e conectividade funcional de pacientes com DP *de novo*, com diagnóstico recente e sem intervenção, e relacionar alterações com sintomas não motores.

Materiais e Métodos: Imagens de ressonância magnética (IRM) de 31 pacientes com DP *de novo* (61±9 anos) e 21 controles (64±11 anos), adquiridas em equipamento de 3T, foram obtidas de um banco de dados internacional de acesso público da Iniciativa de Marcadores de Progressão de Parkinson (PPMI). IRM ponderadas em T1 de alta resolução espacial foram processadas no *Computational Anatomy Toolbox* (CAT12) para estimativa de espessura cortical e volume de estruturas cerebrais. Imagens funcionais adquiridas em repouso foram analisadas via *CONN toolbox*, considerando significantes as correlações entre regiões para $p < 0,05$ (corrigido para múltiplas comparações).

Resultados e Discussões: Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes de volumetria e espessura cortical entre os grupos. Entretanto, alterações nos padrões de conectividade funcional foram observadas em pacientes entre regiões dentro das redes de modo padrão (DMN), atencional dorsal e frontoparietal. Além disso, os valores de conectividade, principalmente da DMN e rede atencional, se correlacionaram com os escores dos testes de avaliação de sintomas não motores (*Epworth Sleepiness Scale* e *REM Sleep Behavior Disorder Questionnaire*). Esses resultados indicam alterações cerebrais funcionais ocorrendo no início da doença, quando alterações cognitivas e de sono estão presentes, antes do aparecimento de sintomas motores.

Conclusões: Os resultados corroboram com os indícios de uma reorganização funcional do cérebro de pacientes com DP no início do desenvolvimento da doença, antes do aparecimento de sintomas motores, sugerindo que a conectividade funcional juntamente com os sintomas não motores podem ser biomarcadores da doença.

Referências bibliográficas

Baggio, H.C.; Junqué, C.: Functional MRI in Parkinson's disease cognitive impairment. *International review of neurobiology*. v. 144, p. 29-58, 2019.



Determinação das propriedades ópticas de Tecidos da Pele Utilizando de Redes Neurais Artificiais e Imagens no Domínio da Frequência Espacial

Silva, B.G.¹; Monte, A.F.G.²; Cunha, D.M.²

¹Faculdade de Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Uberlândia

²Instituto de Física – Universidade Federal de Uberlândia

Contato: bruno.garbim@ufu.br

Introdução: A técnica de Imagens no Domínio da Frequência Espacial (SFDI) permite determinar as propriedades ópticas de tecidos da pele, e assim identificar alterações morfológicas ou funcionais. Ela fornece imagens dos coeficientes de absorção μ_a e espalhamento μ_s' desses tecidos a partir das medidas de sua refletância difusa da luz (R_d). Nesse trabalho, avaliou-se a utilização de Redes Neurais Artificiais para obtenção dos valores de μ_a e μ_s' da pele na técnica de SFDI.

Materiais e Métodos: O conjunto de dados era composto por 108.359 amostras de valores de R_d em cinco diferentes frequências espaciais e os pares (μ_a, μ_s') correspondentes, e foi dividido em um conjunto de treinamento (67%) e teste (33%). Um ruído gaussiano de 3% foi adicionado aos dados de entrada do conjunto de teste. A rede consistia em 2 camadas ocultas, cada uma de 30 neurônios, com função de ativação ReLu. A rede neural artificial recebia como entrada os valores de R_d e como saída o par (μ_a, μ_s') correspondente. Como critério de parada do treinamento, considerou-se 2000 iterações ou um valor de erro quadrático médio de 10^{-6} .

Resultados e Discussões: O coeficiente de correlação R^2 para o modelo retornou valores de 0.94 e 0.96 para μ_a e μ_s' , respectivamente. O erro médio percentual distribuído foi de 1.9% para μ_a e 0.4% para μ_s' , com desvio padrão de 14.7% e 8%, respectivamente. Os resultados obtidos mostram alta acurácia para o modelo mesmo com a adição de ruídos.

Conclusões: Os valores obtidos do coeficiente R^2 , erro médio percentual e desvio padrão mostram o sucesso do modelo de aprendizado de máquina desenvolvido na aquisição dos coeficientes μ_a e μ_s' em função dos valores da R_d em diferentes frequências espaciais. Dessa forma, o estudo demonstra seu potencial para análise de tecidos da pele para fins de diagnostico não invasivo.

Estudos patológicos por microtomografia de raios X

Gonçalves, Larissa M.; Araújo, Olga M.O.; Machado, Alessandra S.; Castro, Pedro; Lopes, Ricardo T.

Laboratório de Instrumentação Nuclear – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Contato: l.mourag@ufrj.br

Introdução: A microtomografia computadorizada (microCT) é uma técnica não destrutiva e não invasiva que utiliza o princípio físico da atenuação de raios X. Estrutura interna, composição e microestruturas são facilmente acessíveis sem degradação da amostra a ser analisada.

Materiais e Métodos: Imagens de úteros foram adquiridas através do microtomógrafo V|tome|x M300. Os parâmetros utilizados para essa aquisição foram: tensão de 120kV, corrente de 270 μ A e o tempo de exposição por projeção de 333 ms.

Resultados e Discussões: Como resultado, foi possível observar com detalhes da ordem de micrômetros as estruturas anatômicas e as patologias do órgão analisado, conforme figura 1.

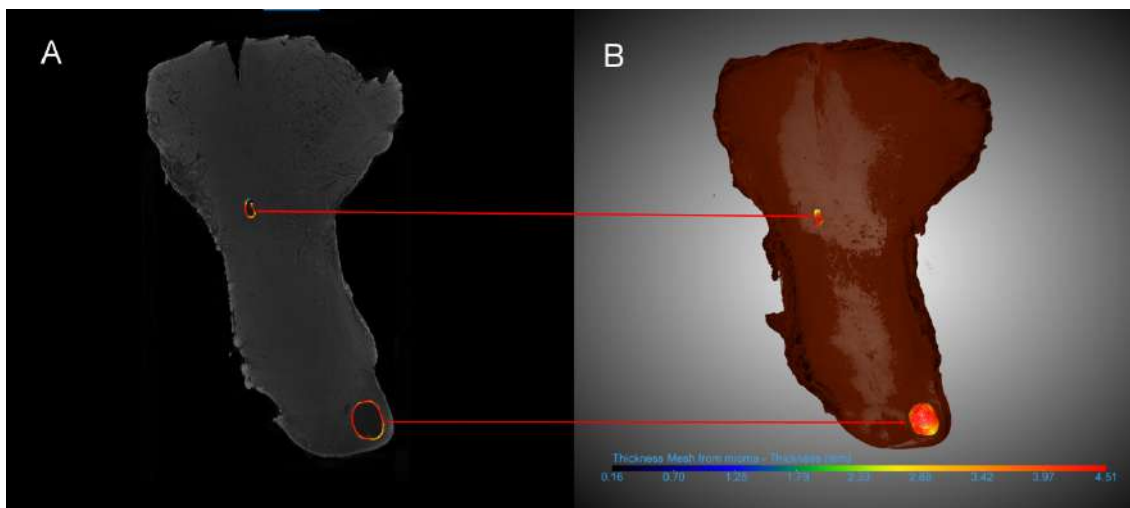


Figura 1. Útero miomatoso (A) Corte coronal (B) Reconstrução em 3D com dois miomas em destaque para visualização.

Conclusões: Com a aplicação da técnica, conseguiu-se quantificar miomas e identificar, nesse caso, a maior patologia da ordem de 4,51 mm.

Identificação e caracterização de nódulos pulmonares por redes convolucionais

Gonçalves, F. H. B.¹; Almeida C. B.¹; Gomes, L.P.¹; Mello, M. C.¹; Alves, A. F. F.¹

¹Departamento de Biofísica e Farmacologia – IBB UNESP Botucatu

Contato: fh.goncalves@unesp.br

Introdução: A tomografia computadorizada (TC) de tórax é uma das modalidades mais utilizadas na investigação de doenças respiratórias ou extratorácicas. A descoberta de nódulos pulmonares solitários (NPS) ou múltiplos tem grande importância no diagnóstico de malignidades. A caracterização do nódulo (tamanho, margem, taxa de crescimento e tipo de calcificação) é importante para a predição da doença. Nesse contexto, a radiômica é um campo emergente para auxiliar nas decisões diagnósticas, e este estudo visa classificar, através de uma rede neural convolucional, diferentes tipos de nódulos pulmonares.

Materiais e Métodos: O algoritmo de predição foi desenvolvido em linguagem Python, tendo como base diferentes tipos de redes pré-treinadas (VGG, Inception, ResNet, Xception), e o banco de dados para o aprendizado de máquina contém 312 tomografias computadorizadas obtidas retrospectivamente no Centro Hospitalar e Universitário de São João (CHUSJ), no Porto, Portugal [1].

Resultados e Discussões: Os achados radiológicos encontrados foram categorizados sob a perspectiva de sua opacidade nas imagens, separados entre opaco com o padrão de vidro-fosco (GGO), parcialmente sólido e sólido. Dentre as arquiteturas implementadas, a que apresentou melhores resultados preliminares foi a ResNet50 com uma acurácia do algoritmo de 71,35%, e em segundo lugar a Xception com acurácia de 69,49%.

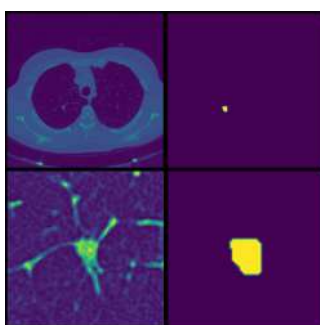


Figura 1: Imagem representativa de um corte axial de tórax, e três exemplos de nódulos.

Conclusões: Através dessa abordagem computacional, pudemos obter resultados preliminares de classificação de linfonodos em exames de tomografia computadorizada.

Referências Bibliográficas:

[1] Pedrosa, João, et al. "LNDb: a lung nodule database on computed tomography." arXiv preprint arXiv:1911.08434 (2019)

Mapas Quantitativos de Susceptibilidade Magnética em Cérebro Humano *ex vivo*: Correlação com Condições Experimentais

*A. Avanzine¹, F. S. Otsuka¹, L. B. S. Licarião¹, J. H. M. de Azevedo^{1,2}, C. E. G. Salmon¹
InBrain Lab – FFCLRP/USP¹, PPGNEURO – FMRP/USP²

Introdução: Quantificar metais como ferro e cobre *in vivo* é essencial para entender como se acumulam no envelhecimento e em doenças neurodegenerativas. O objetivo do estudo foi explorar o efeito da temperatura (TEMP), intervalo *post mortem* (IPM) e idade sobre a susceptibilidade magnética χ em imagens de cérebro *ex vivo*.

Materiais e Métodos: Mapas Quantitativos de Susceptibilidade Magnética (QSM) de vinte e dois sujeitos *ex vivo* foram processados com imagens de fase de aquisição 3D-gre. Foi utilizado um modelo linear, em que TEMP, IPM e idade são variáveis independentes.

Resultados e Discussões: Uma dependência linear ($p < 0,05$) foi observada entre χ e a idade dos sujeitos com ambos os lados do Putâmen (Figura 1). Isso era esperado, pois o acúmulo de metais em matéria cinzenta aumenta com o envelhecimento. A correlação negativa entre TEMP e χ não foi observada, provavelmente pela pequena faixa ($14^{\circ}\text{C} < \text{TEMP} < 25^{\circ}\text{C}$) utilizada. Também, não se detectou efeito do IPM na degradação do tecido cerebral com χ , devido aos valores curtos utilizados (IPM = 14 ± 3 horas).

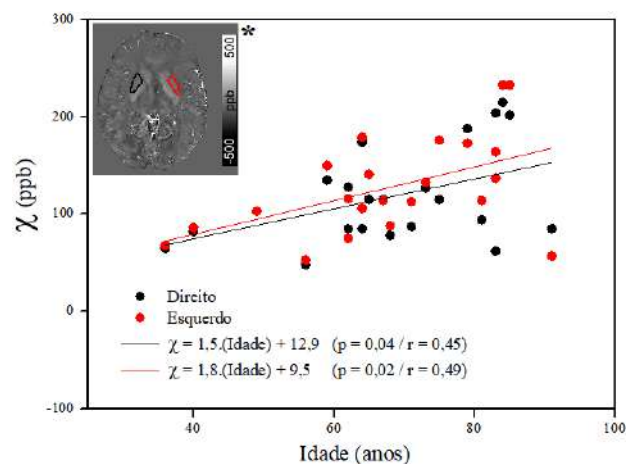


Figura 1. Susceptibilidade magnética e idade para ambos os lados do Putâmen. *Fatia em corte axial do QSM de um sujeito, com os dois lados do Putâmen segmentados

Conclusões: O acúmulo de metais na maior estrutura dos núcleos da base aumenta durante o envelhecimento. As demais variáveis são pouco impactantes nos valores de χ em matéria cinzenta de cérebro humano *ex vivo*.

Medição Contínua da Pressão Arterial Através de Vídeos do Rosto

L.Dias, Eduardo, R.Pescara, Alexandre, P.Martins, Bianca, C.Cardoso, George

Departamento de Física – FFCLRP – Universidade de São Paulo

Contato: {[eduardotogpi](mailto:eduardotogpi@usp.br), [rinhelpescara](mailto:rinhelpescara@usp.br), [biancapadovani](mailto:biancapadovani@usp.br), [gcc](mailto:gcc@usp.br)}@usp.br.

Introdução: Com fotopleletismografia (PPG) e uma rede neural convolucional (CNN), pôde-se aferir a pressão arterial (PA) via vídeo do rosto em um estudo piloto [1]. Aqui visamos melhorar esta técnica, e testar sua abrangência e precisão em diversidade étnica e etária.

Materiais e Métodos: Vídeos RGB do rosto de voluntários foram processados para mostrar apenas o cromóforo Hemoglobina (Hem), onde calculamos PPG em diferentes regiões do rosto de voluntários.

Resultados e Discussões: Em 3 fototipos diferentes (Fig. b), observamos alteração na diferença de fase e amplitude relativa entre os PPG das regiões 1 e 2 após exercício físico (Fig. c). Especulamos que isso se deva à elevação da frequência cardíaca e do fluxo sanguíneo no rosto. Tais padrões são apreendidos pela CNN [1], e correlatos à PA.

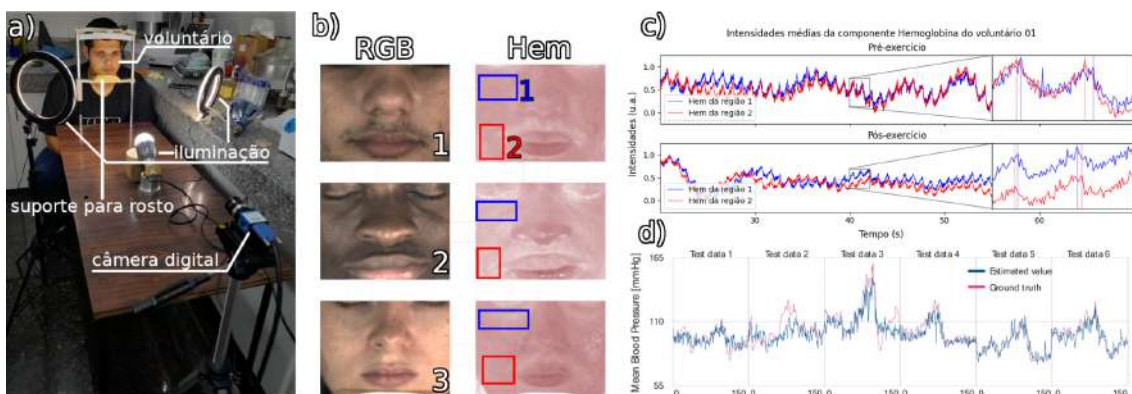


Figura: a) Aquisição dos dados. b) Imagens original e processada; c) Vídeo PPG destacando regiões 1 e 2, antes e após exercício físico. d) Adaptado de [1]: PA por CNN vs. PA contínua por Finapres.

Conclusões: Mostramos que a PPG por vídeo é robusta para diferentes fototipos, inclusive Fitzpatrick V ou VI. As próximas etapas incluem recrutar mais voluntários para treinar a CNN.

Referências bibliográficas:

[1] Kaito Iuchi, Ryogo Miyazaki, George C. Cardoso, Keiko Ogawa-Ochiai, and Norimichi Tsumura, "Blood pressure estimation by spatial pulse-wave dynamics in a facial video," *Biomed. Opt. Express* 13, 6035-6047 (2022).

Quantificação da movimentação de órgãos em imagens 4D através de pontos identificados manualmente e automaticamente

Mazer, A. C.¹; Yoriyaz, H.¹

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) – Universidade de São Paulo (USP)

Contato: amandamazer18@gmail.com

Introdução: A utilização da Radioterapia Guiada por Imagem (IGRT) proporciona um tratamento mais preciso, sendo de extrema importância quantificar a movimentação em órgãos como o pulmão. O objetivo deste trabalho é quantificar a movimentação em uma imagem de Tomografia Computadorizada (TC) 4D através de pontos de referência.

Materiais e Métodos: Foram utilizados pontos de referência identificados manualmente, os quais acompanhavam a TC, e pontos identificados automaticamente através de um algoritmo desenvolvido, baseado na técnica SIFT (*Scale Invariant Feature Transform*).

Resultados e Discussões: Obteve-se um valor médio de movimentação de $7,67 \pm 5,05$ mm e $5,81 \pm 3,92$ mm entre as fases 0-50 e 50-90, com 100 pontos correspondentes manuais, e $2,84 \pm 2,83$ mm e $2,63 \pm 2,56$ mm com 279 pontos extraídos automaticamente.



Figura 1: Cortes da fase 50 da TC contendo pontos extraídos manualmente, em vermelho, e automaticamente, em azul.

Conclusões: A quantificação da movimentação através da extração de características via algoritmo garante maior precisão a nível do tamanho do *voxel* das imagens, além de proporcionar a avaliação em outras regiões de interesse da imagem.

Referências bibliográficas

Vandemeulebroucke, J. et al. Spatiotemporal motion estimation for respiratory-correlated imaging of the lungs. *Med Phys*. V. 38, n. 1, p. 166-178, 2011.

Redes neurais de diferentes tamanhos na classificação imagens médicas em estudos-piloto: impacto do número de amostras no treinamento

Vitor, A.R.S; Cardoso, G.C.

Departamento de Física, FFCLRP – Universidade de São Paulo

Contato: gcc@usp.br

Introdução: Objetivamos estudar como o tamanho de uma rede neural afeta a classificação de imagens médicas em função do número de amostras para treino.

Materiais e Métodos: Classificamos presença de retinopatia a partir de 520 olhos normais e 1130 patológicos (datasets: [kaggle.com/datasets/linchundan/fundusimage1000](https://www.kaggle.com/datasets/linchundan/fundusimage1000) e Glaucoma Detection). Comparamos acurácias da rede grande (Xception, pre-treinada) com uma rede neural menor usando a razão 64:16:20 para treino:validação:teste.

Resultados e Discussões: A rede neural maior exige mais amostras para dada acurácia, mas para 1000's de amostras supera a rede menor -- que satura rapidamente (Figura 1).

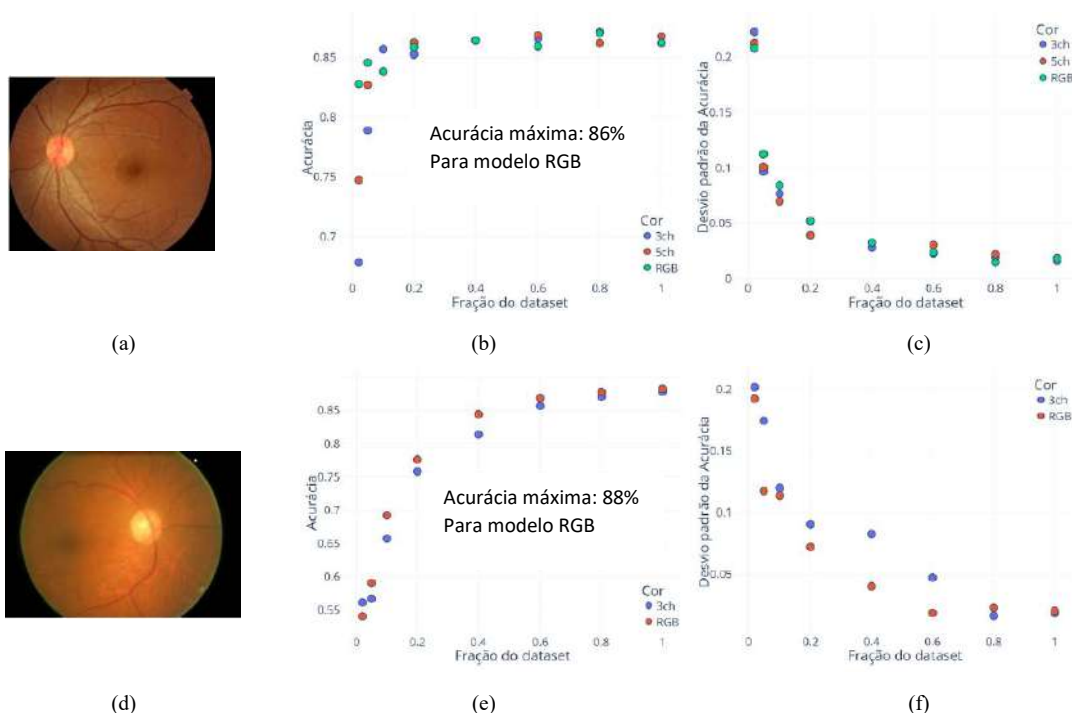


Figura 1: Acurácia vs. número de amostras. Exemplos de retinas saudável (a) e glaucomatosa (d).

Acurácias e desvio padrão para: rede neural pequena [(b), (c)], e grande (Xception) [(e), (f)].

Conclusões: Uma rede neural maior nem sempre é melhor para treino com menos de milhares de amostras. Destacamos a importância das curvas de saturação de parâmetros de aprendizado. Agradecemos a FAPESP (2022/02538-7) por auxílio passado recente.



Riscos do uso de meios de contraste no radiodiagnóstico: artigo de revisão

Takara, B.Y.¹; Forell, J.F.¹; Montenegro, E.S.¹; Rodrigues, L.L.¹; Chaves, R.T.¹; Alva, T.A.P.¹

¹ Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

Contato: lidi@ufcpsa.edu.br

Introdução: Casos de reações adversas ao uso de contraste em radiodiagnóstico são incomuns, com incidências que podem ir de 0,01% até 0,17% dependendo do tipo de contraste. O objetivo desta revisão é entender quais as possíveis complicações da utilização de meios de contraste em pacientes com hipersensibilidade, bem como as estratégias para promover um melhor cuidado ao paciente em casos de emergência.

Materiais e Métodos: Foi utilizada a string de busca “allerg* AND contrast* AND (tomography OR (magnetic resonance) OR (nuclear medicine) OR ultrasound OR ecography)” nas bases de dados da PubMed, Biblioteca Virtual em Saúde e Scielo, para os anos entre 2018 e 2022, resultando em 1368 publicações, das quais 32 preencheram os critérios de inclusão seguindo o protocolo PRISMA.

Resultados e Discussões: Foram revisados 39 relatos de caso, sendo 20 mulheres (53 ± 12 anos) e 19 homens (61 ± 17 anos). As principais reações aos meios de contraste com base em Iodo e Gadolínio incluíram tosse seca, desconforto no peito, urticária, erupção cutânea, dispneia, hipotensão, parada cardiorrespiratória, encefalopatia, inconsciência, náusea, vômito, angioedema, bradicardia, hiperidrose e síndrome de Kounis, sendo 4 dos casos fatais. Os exames realizados foram Ressonância Magnética (n = 15), Tomografia Computadorizada (n = 12), Angiografia (n = 5) e Ecografia (n = 1). O tempo de aparecimento de sintomas foi dividido entre imediato (11 ± 14 minutos) e tardio (4 ± 1 horas), com um caso de 22 dias após aplicação. As principais estratégias utilizadas pela equipe médica foram administração de fármacos para o pré-tratamento, utilização de outro meio de contraste e, em casos de UTI, foi feita a administração de corticosteroides, glicocorticoides, esteróides, anti-histamínicos e hormônios.

Conclusões: Apesar de raras, as reações alérgicas aos meios de contraste em radiodiagnóstico podem ocasionar sintomas severos, sendo necessária atenção aos riscos do uso de contraste e preparação da equipe para intervenção em emergências.

Trajatória de marcha canina com sensores inerciais integrados a sEMG

Negrão, R. R.¹; Rahal, S.C.¹; Moreira, R.²; Mesa, J.²

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Estadual Paulista¹

Instituto de Biociências – Universidade Estadual Paulista²

Contato: roberta.negrao@unesp.br

Introdução: O uso de tecnologias para análise da marcha permite a identificação precoce de alterações na locomoção, possibilitando o monitoramento de intervenções terapêuticas e avaliação de resultados. O processamento de sinais definiu as etapas do ciclo de marcha canina e a reconstrução da trajetória padrão do deslocamento do acelerômetro.

Materiais e Métodos: Sinais de sEMG e acelerômetro do músculo bíceps femoral de cães de raças grandes caminhando em uma esteira foram filtrados e processados e verificados com espectrograma. Cada eixo do acelerômetro foi integrado para obter as componentes de velocidade e posição. Obtendo uma curva fechada no espaço de fase, descrevendo o comportamento dinâmico do sistema.

Resultados e Discussões: As trajetórias foram fechadas e regulares para os três eixos, indicando um comportamento consistente e repetitivo durante a marcha. A identificação das etapas do ciclo de marcha para as fases de apoio e balanço, a duração foi de aproximadamente 56% e 44% do ciclo total.

Conclusões: O deslocamento e reconstrução das trajetórias que foram fechadas e regulares para os três eixos, indicaram um comportamento consistente e repetitivo durante a marcha. Permitindo uma melhor compreensão da cinemática da marcha canina.

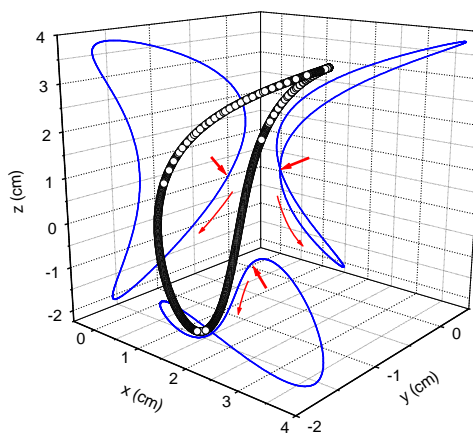


Figura 1 Trajetória tridimensional reconstruída para o sensor. As setas grossas indicam o ponto de início e as finas o sentido do movimento.



Análise de materiais tecido-equivalente por meio do código de simulação Monte Carlo PENELOPE

Santos, F. F. M.¹; Santos, M. M.²; Pianoschi, T. A.¹

¹Curso de bacharelado em Física Médica - Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

²Instituto Federal Goiano - Campus Ceres

Contato: felipesantos@ufcspa.edu.br

Introdução: Em radioterapia é comum o uso de objetos simuladores com características similares aos tecidos humanos quanto a resposta à radiação. Os materiais mais utilizados são o PMMA e a água, com o avanço da utilização das impressoras 3D outros materiais de baixo custo passaram a ser uma alternativa, como ABS, ASA, PLA ou PETG. O objetivo deste trabalho é avaliar as distribuições de dose obtidas nesses materiais para um feixe clínico de 6 MV.

Materiais e Métodos: Foi simulado um feixe de $2,5 \times 10^8$ fótons de 6 MV, a uma distância fonte superfície de 100 cm e um objeto simulador de $30 \times 30 \times 30 \text{ cm}^3$ de H_2O . Na entrada do objeto simulador foi posicionado um bolus de 1 cm de espessura constituído pelos materiais: PLA, ABS, ASA, PETG, PMMA e H_2O . Os materiais foram reproduzidos no código PENELOPE por estequiometria, dadas suas composições químicas. As distribuições de dose normalizadas foram comparadas para cada material.

Resultados e Discussões: As curvas de PDP foram obtidas para cada material e as diferenças entre elas em relação à água foram analisadas pelo erro quadrático médio da dose em profundidade, tendo um valor máximo de 1,07% para toda a região de distribuição e 1,41% quando analisada só a região de build-up. Analisando a dose na entrada do objeto simulador de H_2O , a diferença foi de 1,5%. O estudo não encontrou correlação direta do número atômico efetivo e/ou da densidade com os erros calculados.

Conclusões: Embora não haja uma correlação direta entre os erros calculados, o Z_{eff} e a ρ , a distribuição de dose apresentou valores próximos em relação a água. Os resultados sugerem que os materiais podem ser utilizados como tecido-equivalentes para confecção de objetos simuladores clínicos e/ou dosimétricos em impressora 3D.



Análise de metodologias para determinar a camada semirredutora de feixes de raios X

Marinello, C.¹; Bernardes, G.¹; Pianoschi, T.¹; Botelho, V.¹

¹Curso de Física Médica – Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre
Contato: camilama@ufcspa.edu.br

Introdução: A qualidade da radiação é definida como a medida do poder penetrante do feixe de raios X e pode ser obtida através da geração de um espectro de raios X e cálculo de sua camada semirredutora (CSR).

Materiais e Métodos: Foram analisadas quatro metodologias alternativas para a determinação da CSR para 7 valores de kV diferentes: fornecida pelo simulador (M2), kerma e curva de transmissão do simulador (M3), função espectro e coeficientes mássicos de atenuação (M4) e simulação Monte Carlo (M5). Os resultados das metodologias foram comparados com a CSR experimental (M1).

Resultados e Discussões: Os resultados obtidos para CSR estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1: Valores de camada semirredutora (mm Al) para metodologias avaliadas

Espectro (kV)	M1	M2	M3	M4	M5
50	2,0639	1,7143	2,7889	2,3580	1,9657
60	2,4889	2,0257	3,0155	2,4475	2,3627
70	3,0583	2,3173	3,2223	3,4614	2,7139
80	3,4551	2,6284	3,4348	3,9031	3,1208
90	3,7832	2,9586	3,6887	4,4469	3,5264
100	4,2015	4,1170	3,9580	5,0945	4,7220
110	4,6743	4,5299	4,2376	6,2000	5,1959

Conclusões: Analisando os resultados, conclui-se que os dados de CSR experimental (M1) e aqueles obtidos pelas metodologias alternativas estão em conformidade com os valores mínimos dispostos na IN N° 90, de 27 de maio de 2021, da ANVISA. Além disso, a CSR experimental aproximou-se dos resultados obtidos pela metodologia M3, pois a ambas são similares, com a variação das espessuras de atenuadores, obtenção do Kerma e delineamento da curva. A CSR obtida por M5 é próxima aos resultados de CSR fornecidos por M2, pois o software é baseado em Monte Carlo para essa determinação.

Avaliação da estabilidade da solução de Fricke xilenol gel ao longo do tempo em diferentes condições de armazenamento

Talacimon, C.¹; Medeiros, I. ¹; Rodrigues, P. ¹;Teodoro, L. ¹; Rigo, M. ¹; Gesserame, M. ¹; Tavares, P. ¹; Burin, A. ¹; Nogueira, T. ¹; Rosero, W. ¹; Zeituni, C. ¹; Rostelato, M. ¹
¹Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Universidade de São Paulo

Contato: cristhian.talacimon@usp.br

Introdução: O Fricke Xilenol Gel (FXG) é um dosímetro químico considerado tecido equivalente. A resposta do FXG se dá pela oxidação radio-induzida de Fe^{+2} em Fe^{+3} . Porém esta oxidação pode ocorrer naturalmente por diversos fatores como temperatura e exposição à luz, e por isso faz necessário avaliar tal comportamento ao longo dos dias em diversas condições.

Materiais e Métodos: Amostras de FXG foram preparadas utilizando o protocolo estabelecido previamente e foram divididas em duas partes. Em uma das partes foi adicionado formaldeído como dopante. Ambas as partes foram divididas em quantidades iguais e mantidas em diferentes temperaturas. A análise das amostras foi realizada através de dados de absorbância coletados com um espectrofotômetro ao longo de vários dias.

Resultados e Discussões: Foram observadas diferenças na oxidação natural entre as amostras mantidas em refrigeração e aquelas mantidas em temperatura ambiente. Também foram observadas diferenças entre as amostras com e sem formaldeído .

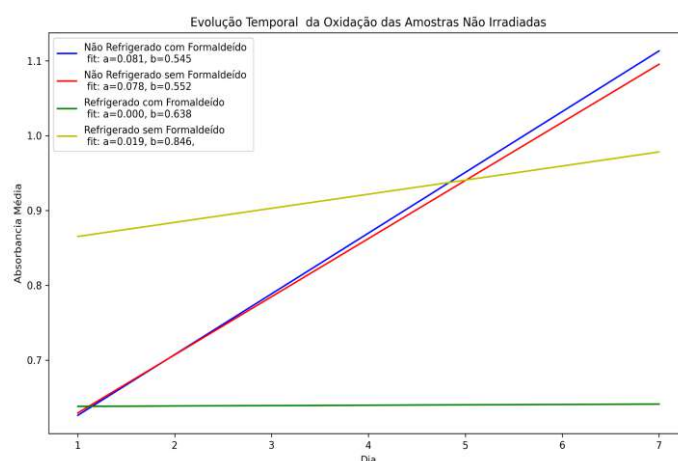


Figura 1: Oxidação do dosímetro ao longo dos dias

Conclusões: As amostras mantidas em refrigeração apresentaram uma oxidação natural muito inferior àquelas mantidas em temperatura ambiente.



Avaliação da resposta dosimétrica do gel MAGIC-f na presença de nanopartículas de prata

Marques, C.¹; Alva-Sánchez, M.¹; Trombini, H.¹

Grupo de Física Médica Experimental e Computacional (FMEC) - UFCSPA

Contato: cibelem@ufcspa.edu.br

Introdução: As nanopartículas (NPs) metálicas, como prata, ouro e platina, estão sendo estudadas para serem utilizadas em terapias contra o câncer, especialmente em tratamentos de radioterapia, com a finalidade de aumentar a eficácia do tratamento e reduzir a dose de radiação em tecidos saudáveis. No entanto, ainda existem desafios a serem superados para a ampla aplicação clínica, como medir o fator aumento da dose devido à presença dessas NPs. Este estudo tem como objetivo investigar a sensibilidade do detector MAGIC-f gel na dosimetria de NPs de prata (AgNPs).

Materiais e Métodos: AgNPs foram adicionadas a diferentes concentrações no dosímetro MAGIC-f gel para irradiar com equipamentos de raios X convencional e acelerador linear. A dose absorvida foi medida por espectrofotometria UV-Vis e o medidor Black Piranha foi utilizado para quantificar a dose do equipamento de raios X convencional. A adição de AgNPs foi realizada durante a produção do MAGIC-f gel e a curva de calibração foi obtida sem as AgNPs.

Resultados e Discussões: Foram sintetizadas e caracterizadas as AgNPs por meio da espectrofotometria UV-Vis, as quais apresentam um tamanho de aproximadamente 10-20 nm. Os resultados preliminares indicam que o gel possui sensibilidade a partir de 0.2 Gy, sendo que esta sensibilidade pode ser ainda maior com a adição de NPs. Para doses menores que 0.2 Gy, a absorvância não variou em relação a amostra controle para comprimentos de onda (λ) entre 350 e 600 nm. Para uma dose de 0.2 Gy, a absorvância foi 1.85 vezes menor para o λ de 400 nm.

Conclusões: Com o sucesso da caracterização do gel com AgNPs, será possível validar o uso do detector MAGIC-f gel para dosimetria de AgNPs em feixes de raios X de mega e quilovoltagem e fornecer uma nova metodologia para medição do fator aumento de dose, parâmetro fundamental para aplicação de NPs em tratamentos radioterápicos.



Avaliação das doses absorvidas em trabalhadores em mina de urânio utilizando simulação Monte Carlo

Catusso, L.¹; Morato, L.²; Valença, J. V. B.³; Santos, W. S.^{1,4}

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Faculdade de Engenharia Elétrica - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil

² Instituto de Geografia - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil

³ Grupo de Física Médica Experimental e Computacional – Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, RS, Brasil

⁴ Instituto de Física - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil

Contato: leonardo.catusso@ufu.br

Introdução: A exploração de minas de urânio pode levar à exposição de trabalhadores a radiação ionizante natural durante o processo de extração e manejo. A avaliação das doses absorvidas nestes trabalhadores permite estimar possíveis riscos associados a esta prática.

Materiais e Métodos: Os cenários computacionais foram modelados utilizando o código MCNPX 2.7.0 e os trabalhadores foram representados por simuladores antropomórficos virtuais adultos de ambos os gêneros. Foram utilizadas 1E9 histórias de partículas na simulação. Cálculos dos coeficientes de conversão para dose efetiva de um conjunto de órgãos dos trabalhadores expostos ao 238U, 232Th e 40K foram realizados.

Resultados e Discussões: A média dos coeficientes de conversão para dose efetiva, em termos do Kerma no ar (em Sv/Gy), calculada para ambos os gêneros, foi de 0,5 (40K), 0,43 (232Th) e 0,40 (238U). Comparados com dados da literatura, que apresentam resultados para ambiente aberto, nossos resultados diferem em até 97%, 74% e 92%, respectivamente [1]. Estas significativas diferenças estão associadas às diferentes composições químicas e densidade do piso e das paredes internas da mina.

Conclusões: Este trabalho fornece dados de coeficientes de conversão para dose efetiva em termos do Kerma no ar para trabalhadores envolvidos em prospecção de urânio. Devido sua maior energia de fóton, o 40K foi o radionuclídeo que mais contribuiu para a dose efetiva dos trabalhadores.

[1] Manié, G.; Manié, V.; Nikezié, D.; Krstić, D. The dose of gamma radiation from building materials and soil. *Nukleonika*, 60(4), 951-958, 2015.

Avaliação de coeficientes de conversão alternativos para dosimetria em mamografia

Rodrigues, ATD.¹; Tomal, A.¹

¹Instituto de Física “Gleb Wataghin”, Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Contato: atomal@ifi.unicamp.br

Introdução: A simulação Monte Carlo (MC) foi utilizada para estudar a influência da composição da mama e do modelo de pele sobre os novos coeficientes de conversão da dose glandular média (DGM) [1].

Materiais e Métodos: O código MC Penelope (v. 2018) + Peneasy (v. 2020) foi utilizado. A mama foi modelada por um semicilindro com espessura de 5 cm, glandularidade 1-50% e modelos de pele: 1,5 mm e 4 mm de pele; e 5 mm de tecido adiposo. Espectro utilizado: W/Rh e 23-35 kV. Foram usados coeficientes de conversão entre a DGM e a dose média na: mama inteira (c_m); pele (c_p); e tecido homogêneo (c_h).

Resultados e Discussões: Todos os coeficientes se mostraram dependentes da composição da mama, diminuindo conforme a glandularidade da mama aumenta. Apenas os coeficientes c_h não mostraram dependências com o modelo de pele. Além disso, os coeficientes mais adequados dependem do intervalo de energia utilizado.

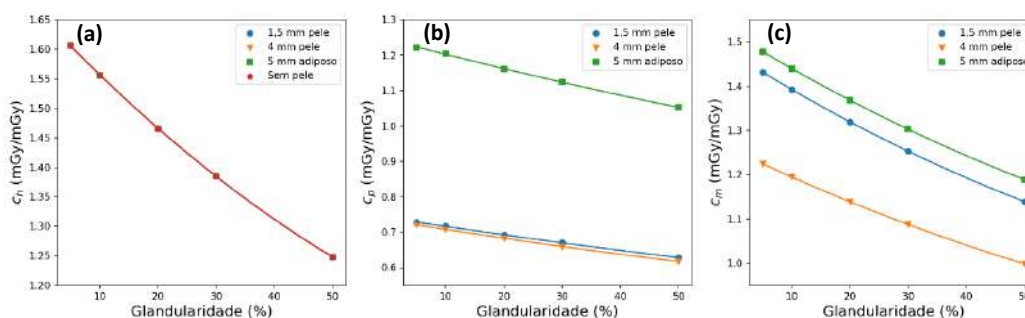


Figura 1 – Coeficientes (a) c_m (b) c_p e (c) c_h em função da glandularidade da mama.

Conclusões: A variação dos coeficientes para diferentes glandularidades e modelos de pele podem ser responsáveis por incertezas significativas na estimativa da DGM, e devem ser considerados em estudos de dosimetria em mamografia.

Referências bibliográficas

[1] Rodrigues ATD., *et al*: Simulação Monte Carlo de coeficientes de conversão para dosimetria em mamografia. **Revista Brasileira de Física Médica**. v. 16, p. 693, 2022.



XXVII CBFM – São Pedro
Avaliação de Protocolos Dosimétricos Para Exame de Tomografia
Computadorizada de Tórax em Pacientes Pediátricos

Leidemer, L.¹; Yoshizumi, M.²; Pianoschi, T.³

Departamento de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas – UFCSPA

Contato: luizabl@ufcspa.edu.br

Introdução: O emprego da TC tem aumentado no decorrer das últimas décadas devido às suas vantagens. Os protocolos utilizados para realização dos exames de imagem diferem entre os serviços radiológicos, pois muitos utilizam os protocolos pré-programados de cada equipamento, levando a grandes variações na dose de radiação entregue ao paciente. O trabalho tem como objetivo comparar os valores de CTDIvol e DLP de um hospital privado com a literatura, a fim de verificar se os valores praticados estão próximos dos valores de referência de outros países.

Materiais e Métodos: A partir de dois tomógrafos, foram analisados seus protocolos para obter os valores de CTDIvol e DLP de exames de tórax pediátrico, posteriormente esses valores foram comparados com guias e normativas internacionais. Para aquisição das medidas, foram utilizados um objeto simulador de tórax em formato cilíndrico com 32 cm de diâmetro de acrílico e um detector de estado sólido modelo Black Piranha, RTI Group, com *probe* tipo lápis.

Resultados e Discussões: Não existe padronização dos protocolos utilizados em exames pediátricos. Observou-se que alguns países fazem a divisão desse grupo por idade, peso ou uma relação entre idade e peso. Dos países estudados, Austrália e Bélgica apresentaram os menores valores de DRLs. A influência da faixa etária é vista nos valores adotados pela Coreia e EUA, que consideram dentro da pediatria as idades de 17 e 18 anos, assim, seus limites superiores estão acima de todos, exceto Alemanha e Reino Unido. Os valores adotados pelo Reino Unido são consideravelmente maiores em relação aos outros países, pois representam exames para detecção de malignidades.

Conclusões: Pode-se notar facilmente a falta de uma padronização para os exames pediátricos. Os dois tomógrafos avaliados, apesar de serem do mesmo fabricante, utilizam valores bem discrepantes de mAs para o mesmo tipo de exame, acarretando valores de dose diferentes. Esse fato evidencia a necessidade de níveis de referência para esses exames, uma vez que o número de exames vem aumentando, seja de tórax ou outra parte corporal, categorizados de acordo com a faixa etária ou peso.

Avaliação do desempenho de diferentes câmaras de ionização do tipo lápis em feixes de calibração

Dias, F.S.; Santos, L.C.; Potiens, M.P.A.

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP

Contato: fabio.d@ipen.br

Introdução: A tomografia computadorizada TC é responsável por grande parte da dose em pacientes. Logo, é importante que os equipamentos medidores de radiação sejam calibrados em laboratórios que possuam rastreabilidade metrológica. Para a realização da dosimetria em feixes de TC, é necessária uma câmara de ionização do tipo lápis, além de seguir o protocolo TRS/IAEA (2007). O objetivo deste trabalho é a realização de uma comparação do desempenho de câmaras de ionização do tipo lápis com variados volumes, durante um procedimento de calibração.

Materiais e Métodos: O dosímetro referência foi a câmara de ionização modelo RC3CT, de 3 cm³, conectada ao eletrômetro PTW / Unidos T10010, que possibilitou a a determinação da taxa de kerma no ar com rastreabilidade ao laboratório primário PTB. O estudo abrangeu as câmaras de ionização modelo RC3CT e 10X6 – 0,6 conectadas ao Multimedidor RADCAL do sistema Accu-Gold+. A metodologia adotada foi a recomendada pelo código de prática TRS 457 (IAEA, 2007) utilizando o método da substituição.

Resultados e Discussões: A tabela 1 mostra os resultados obtidos para os equipamentos testados em comparação com o sistema de referência em termos de taxa de kerma no ar. A diferença encontrada variou entre 0,12 a 4,2%.

Tabela 1 - Taxa de kerma dos dosímetros irradiados

Qualidades da	Taxa de kerma (mGy/min)		
	RC3CT (Padrão)	RC3CT	10X6 – 0,6
RQT 8	21,9	21,4	22,2
RQT 9	32,5	32,6	33,7
RQT 10	54,3	54,4	56,0

Conclusões: Apesar dos valores de taxa de kerma terem ficado próximos, vale ressaltar as dificuldades em se calibrar câmaras com um sistema próprio acoplado, principalmente os que não utilizam eletrômetros na calibração.

Avaliação do emprego de solução Fricke gel e gel polimérico na dosimetria em radioterapia empregando a técnica de CT Óptico.

Peres, B.¹; Tavares, P.V.¹; Rodrigues Jr, O.¹; Campos, L. L.¹

¹ Centro de Metrologia das Radiações – IPEN, Universidade de São Paulo (USP/SP)

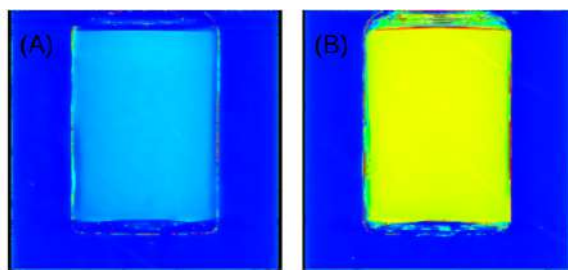
Contato: brena.peres@usp.br

Introdução: O planejamento de radioterapia exige avaliação precisa da dose em diferentes tecidos. O gel polimérico é uma opção que, ao ser irradiada, sofre polimerização proporcional à dose depositada. Embora o gel polimérico apresenta melhor estabilidade da informação dosimétrica do que a solução Fricke gel, sua produção e padronização são mais complexas. No entanto, soluções de polímeros orgânicos adicionadas à solução Fricke podem ter respostas a doses mais altas e serem facilmente descartadas. Este trabalho avalia a solução Fricke gel modificada com alaranjado de xilenol e a utilização de CT óptico. A proposta é avaliar a dosimetria 3D das soluções em gel para a preparação de uma solução Fricke polimérica.

Materiais e Métodos: A solução Fricke gel foi preparada nas concentrações propostas por Tavares, 2021 e avaliada antes e após a irradiação com radiação gama do ⁶⁰Co, utilizando para a avaliação, o CT Óptico Vista 16, que emprega uma fonte de luz de comprimento de onda de 590nm.

Resultados e Discussões:

Figura 1: Imagens reconstruídas da solução Fricke gel (A) não irradiada e (B) irradiada com 5 Gy.



O valor da atenuação para a solução não irradiada é $0,0555 \text{ cm}^{-1}$ e o valor de atenuação para a solução irradiada com 5 Gy é $0,22 \text{ cm}^{-1}$. O que o equipamento avaliou foi a alteração da densidade óptica, proporcional à dose recebida pela solução.

Conclusões: A dosimetria a partir dos géis apresenta vantagens para o uso na radioterapia, já que o método de avaliação por CT óptico consegue identificar as alterações, em regiões, relacionadas à irradiações, permitindo a construção de curvas de isodose. Este resultado poderá ser comparado com a preparação de um gel Fricke polimérico observando a polimerização da solução que altera as propriedades ópticas.

Referências bibliográficas

TAVARES, PAULO V. dos S. Padronização do dosímetro Fricke gel aplicado em dosimetria 3D em radioterapia utilizando um CT óptico. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP, São Paulo. 103 p. Orientador: Leticia Lucente Campos Rodrigues. DOI: 10.11606/D.85.2021.tde-02122021-105824

Avaliação do impacto de diferentes modelos para cálculo do fator de forma de espalhamento na função de perda de energia (ELF) da água

Pelegati, A., M.¹; Magiore, M. B.¹; Moreira, M., L.¹; Moreira, R.¹; Gaiato, H., S.¹; Silva, R., V.¹; Mesa, J.¹

Departamento Biofísica e Farmacologia – Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Contato: mariana.pelegati@unesp.br

Introdução: A formulação dielétrica e a função de perda de energia (ELF) têm sido utilizadas no estudo de interação de partículas carregadas com materiais biológicos. Utilizando a metodologia de dados ópticos, o trabalho tem como objetivo apresentar os cálculos teóricos da ELF no limite óptico ($k = 0$) para água a partir da relação entre a função dielétrica e os fatores de forma atômicos.

Materiais e Métodos: Foram calculados os fatores de forma definidos por $f(\vec{Q}, E) = f_0(\vec{Q}) + f'(E) + if''(E)$, em que Q é a transferência de momento e E é a energia do fóton. A função dielétrica $\varepsilon(E)$ é calculada pela relação $\sqrt{\varepsilon(E)} = 1 - \frac{r_e}{2\pi} \lambda^2 \sum_j n_j f_j$, onde λ é o comprimento de onda do fóton, n_j é a densidade atômica do elemento j do composto e r_e é o raio clássico do elétron. Então, é calculada a ELF como $\text{Im} \left[-\frac{1}{\varepsilon(E)} \right]$ para cada classe de fatores de forma atômicos adotada.

Resultados e Discussões: Devido à existência de diversos formalismos para o cálculo de fatores de forma atômicos, houve diferenças entre os valores finais das ELFs. O valor médio foi obtido a partir dos valores do NIST e Windt, sendo este o que mais se aproximou ao valor experimental.

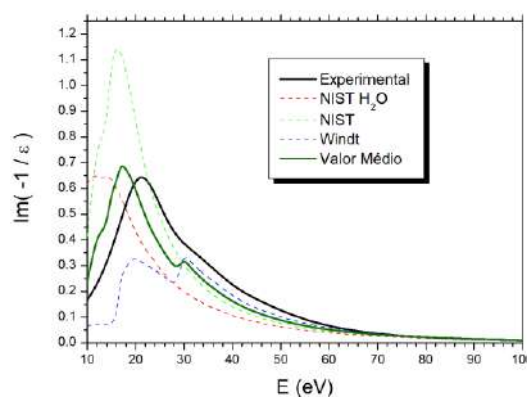


Figura 1: Valores de ELF calculados para diferentes modelos de fatores de forma, comparados com o valor experimental.

Conclusões: A escolha do modelo utilizado para calcular os fatores de forma de espalhamento afeta os resultados da ELF. O valor médio calculado está próximo do resultado experimental.

Calibração de um arranjo de microeletrodos de diamante em feixes de radiodiagnóstico

Silva, K.M.A.¹; Gambaro, G.¹; Nicolucci, P¹; Baffa, O¹

Departamento de Física - FFCLRP – Universidade de São Paulo

Contato: kyssyllamonny@usp.br

Introdução: Neste trabalho, um arranjo de microeletrodos de diamante (d-MEA) foi calibrado para uso em feixes de radiodiagnóstico. O arranjo é composto por 16 microeletrodos de diamante, em um arranjo de 4 x 4 mm², posicionados no interior de um poço de cultura celular que pode ser utilizado para estudos em radiobiologia.

Materiais e Métodos: As irradiações do dispositivo foram realizadas em feixes de 50 kVp a 120 kVp (Konica-Minolta Altus ST 543). Um conjunto câmara de ionização-eletrômetro (PTW TN34069-2.5/Unidos E) calibrado foi utilizado como referência.

Resultados e Discussões: A Figura 1 mostra o d-MEA (a) e as curvas de resposta do dispositivo em função do kerma no ar (b), mostrando que a resposta do dispositivo é linear para os feixes estudados. Também pode-se notar dependência de resposta com a qualidade do feixe.

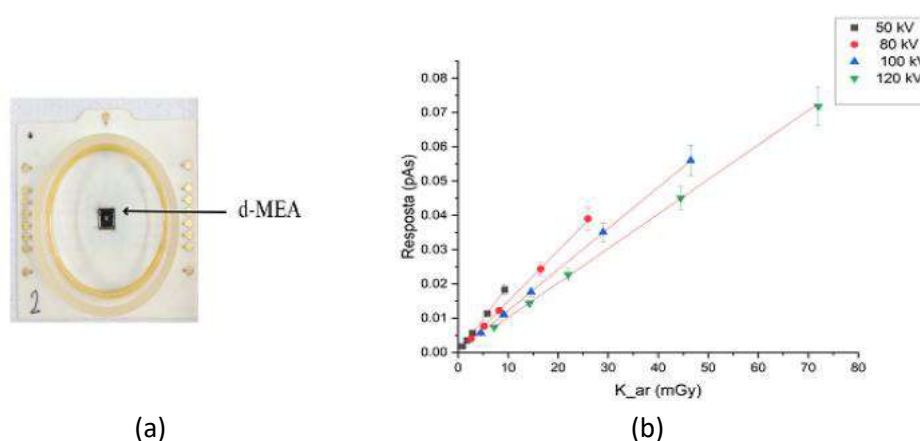


Figura 1: (a) d-MEA e (b) curva de resposta do d-MEA

Conclusões: O arranjo de microeletrodos de diamante estudado possui resposta adequada para uso em feixes de radioadiagnóstico, apresentando potencial para futuros estudos em radiobiologia.



Calibração de uma fonte de ^{90}Sr utilizando filme radiocrômico

Adami, H.A.¹; Viccari, C.¹; Nicolucci, P.^{1*}

Departamento de Física – FFCLRP - Universidade de São Paulo

*Contato: nicol@usp.br

Introdução: É relativamente comum que fontes antigas de ^{90}Sr , que costumavam ser utilizadas para tratamentos oftalmológicos, sejam recolhidas ou passem a ser utilizadas para fins de pesquisa, com a devida autorização dos órgãos competentes. Por vezes, informações de atividade ou taxa de dose dessas fontes não é conhecida. Neste trabalho, uma fonte de ^{90}Sr foi calibrada em comparação com feixe de raios X utilizando-se filmes radiocrômicos.

Materiais e Métodos: A fonte de ^{90}Sr de um aplicador oftalmológico foi utilizada para expor filmes radiocrômicos EBT2 em diferentes tempos de exposição. O mesmo processo de irradiação dos filmes foi realizado em feixe de raios X com um tubo GE Isovolt Titan 120 kV, utilizando-se uma câmara de ionização calibrada (PTW TN34069-2.5/Unidos E) para obtenção das doses. Os filmes foram escaneados com um escâner de mesa em modo transmissão para avaliação da resposta dosimétrica.

Resultados e Discussões: A separação dos canais vermelho, verde e azul das imagens dos filmes mostrou que o canal verde era o mais adequado para uso como resposta dosimétrica, dada sua sensibilidade no intervalo de uso estudado. Os dados de resposta, R , do filme em função do tempo de irradiação, para a fonte de ^{90}Sr , e em função da dose, para o feixe de raios X, foram ajustados pelas equações $R = 75,9 \cdot e^{-(t/28,8)} + 44,7$ e $R = 89,1 \cdot e^{-(D/4,4)} + 43,7$, respectivamente. Assim, encontrou-se a expressão que relaciona o tempo de exposição (s) com a dose (mGy) para a fonte de ^{90}Sr , na geometria utilizada para irradiação como sendo $D = 0,70 + 0,15t$.

Conclusões: Uma fonte pode ser calibrada em comparação a outra fonte de taxa de dose conhecida. Pelas suas características dosimétricas, o filme radiocrômico funcionou como um bom dosímetro para a calibração da fonte de ^{90}Sr .



Caracterização da reprodutibilidade de detectores de LiF:Mg, Ti utilizando dosímetros termoluminescentes de extremidade no modelo anel do IPEN no *rod phantom* com irradiações na grandeza Hp(0,07)

Nascimento, G.¹; Campos, V. P.¹; Campos, L. L.¹

Centro de Metrologia das Radiações - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

Contato: gabrielgn@alumni.usp.br

Introdução: A radiologia, em especial a radiologia intervencionista e a medicina nuclear, são as duas principais áreas de exposição do indivíduo ocupacionalmente exposto (IOE), sendo necessário a utilização de dosímetros. Para que um dosímetro possa ser utilizado com certa confiabilidade, é necessário que ele passe por alguns testes de calibração e caracterização. Neste trabalho, o ensaio de reprodutibilidade é realizado seguindo as recomendações do Comitê de Avaliação de Serviços de Ensaio e Calibração (CASEC).

Materiais e Métodos: As equações utilizadas nesta sessão são recomendadas pela apostila do CASEC, para dosimetria de corpo inteiro, porém, neste trabalho, adaptadas para dosimetria de extremidade. O *rod phantom* utilizado neste trabalho pertence ao Laboratório de Calibração de Instrumentos do IPEN (LCI-IPEN). Para as irradiações, foi utilizado um sistema Irradiador Pantak/Seifeirt modelo Isovolt 60 Hs na faixa do radiodiagnóstico. As qualidades N-60, N-80, N-100 e N-150 foram avaliadas neste trabalho.

Resultados e Discussões: A média das 10 avaliações da resposta TL apresentou uma baixa variação de resultados para as irradiações de 10 mSv na grandeza Hp(0,07) utilizando 118 keV. Para o ensaio de reprodutibilidade para uma mesma dose, a média das 10 avaliações para uma dose de 10 mSv na grandeza Hp(0,07) com uma energia de 118 keV, apresentou baixa variação da resposta.

Conclusões: Os sistemas dosimétricos e sistemas irradiadores apresentaram uma boa reprodutibilidade, tanto em dose avaliada quanto no resultado após a interação com a equação. As irradiações na grandeza Hp(0,07) foram bem sucedidas, confirmando a importância da utilização de um *phantom* em situações de caracterização e calibração.

Caracterização da resposta de detector de diamante em feixe de radiodiagnóstico

Gambaro, G.¹; Silva, K.M.A.²; Nicolucci, P.³; Baffa, O.⁴

Departamento de Física - FFCLRP – Universidade de São Paulo

Contato: guilhermegambaro@usp.br

Introdução: Neste trabalho, a resposta de um dispositivo com multieletrodos de diamantes foi estudada em feixes de radiodiagnóstico. O dispositivo tem como finalidade registrar a dose administrada em ensaios radiobiológicos, justificando sua caracterização.

Materiais e Métodos: O dispositivo foi irradiado com raios-X de 50 kVp a 120 kVp. Foram variados a corrente do tubo e o tempo de exposição. Um conjunto calibrado de câmara de ionização e eletrômetro (PTW TN34069-2.5/Unidos E) foi utilizado como referência.

Resultados e Discussões: A figura 1 mostra as respostas normalizadas do dispositivo e da câmara de ionização em função do mA quando o mAs é mantido constante, mostrando a não-linearidade de resposta do dispositivo.

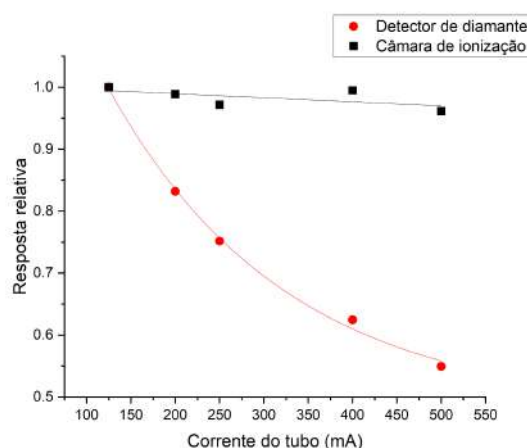


Figura 1: Resposta normalizada do dispositivo e da câmara de ionização em função da corrente do tubo.

Conclusões: O dispositivo de multieletrodos de diamante apresentou comportamento não linear para taxa de dose, mostrando a necessidade de caracterização e calibração de sua resposta.

Caracterização pelo Método de Monte Carlo de um Monitor Individual de Nêutrons de Albedo para Avaliação de Dose de Fótons

Gama, T.^{1,3}; Pinheiro, B.^{2,3}; Souza-Santos, D.³

¹Instituto de Física – Universidade Federal do Rio de Janeiro, ²Instituto de Física – Universidade Federal de Uberlândia, ³Instituto de Radioproteção de Dosimetria (IRD)

Contato: thalysgama13@gmail.com

Introdução: O IRD desenvolveu um monitor individual para nêutrons de albedo que não foi caracterizado para fótons. O objetivo deste trabalho é obter a resposta do monitor a fótons através do kit de ferramentas de Monte Carlo Geant4 (G4).

Materiais e Métodos: Reprodução dos espectros de raios X N60 e N80 da norma ISO 4037-1. Irradiação do monitor com a série N80 sem e com o Slab Phantom da ISO para realizar avaliação de Dose, Kerma e Fator de Retroespalhamento de Kerma no Ar.

Resultados e Discussões:

Tabela 1: Kerma normalizado pela fluência no cristal ⁷LiF do par incidente com monitor livre no ar (K_M) e sobre o Phantom (K_P).

	K_M [pGy.cm ²]	K_P [pGy.cm ²]
⁷ LiF incidente	(0,370 ± 0,002)	(0,559 ± 0,001)
⁷ LiF albedo	(0,312 ± 0,003)	(0,553 ± 0,002)

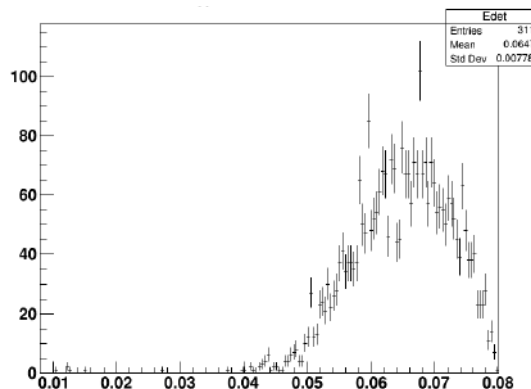


Figura 1: Espectro da N80

Conclusões: Os espectros obtidos são compatíveis com a norma. Foram determinados os fatores de retroespalhamento de Kerma no ar para cada cristal do monitor. A partir disso, será desenvolvido um algoritmo para cálculo de equivalente de dose, $H_P(10)$.

Referências bibliográficas

MARTINS, M. M., *et al*: Desenvolvimento e caracterização de um sistema de monitoração individual de nêutrons tipo albedo de duas componentes usando detectores termoluminescentes. Tese de Doutorado Instituto de Radioproteção e Dosimetria, 2008.



Comparação da dependência temporal na qualidade de radiação N60 entre três detectores.

Assis, B.S.^{1,3}; Pacífico L.C.²; Magalhães, L.A.G.²; Peixoto, L.G.P.^{2,3}.

¹ Instituto de Física, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil; ² Departamento de Ciências Radiológicas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil; ³ Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro, Brasil

Contato: biaassis01@gmail.com

Introdução: Saber a dependência temporal do detector utilizado no levantamento radiométrico (LR) é crucial para correta análise do teste. Com isso, o objetivo deste trabalho foi fazer um estudo comparativo da dependência temporal entre três detectores específicos para radioproteção, na qualidade N60 da norma ISO 4037-1.

Materiais e Métodos: As aquisições das medidas se basearam na qualidade de radioproteção N60 da norma ISO 4307-1. Foram utilizadas duas câmaras de ionização e um detector do tipo estado sólido: Fluke Victoreen, modelo 451B-RYR; PTW, modelo 23361, e o detector de estado sólido Unfors Raysafe, modelo U8201021-CX1. Assim, foi comparada a resposta temporal nas correntes de 0,3 mA, 0,5 mA, 2,5 mA e 10 mA.

Resultados e Discussões: A tabela 1 apresenta o tempo de estabilização da taxa de dose para os três fabricantes em função do tempo de irradiação.

Tabela 1: Tempo de estabilização da taxa de kerma no ar dos detectores.

Fabricante	Modelo	Corrente			
		0.3 mA	0.5 mA	2.5 mA	10 mA
		Tempo (s)			
UNFORS	U8201021-CX1	1.5	1.5	1.5	1.5
PTW	23361 (30 cm ³)	1.5	1.5	1.5	2
FLUKE VICTOREEN	451B-RYR	5	5	1.5	1.5

Conclusões: Neste estudo, os detectores não foram eficazes para testes de LR, em que os tempos de exposição são menores do que 2 s, como por exemplo LR em radiologia, onde os tempos de exposição são, geralmente, menores do que 1 s.

Comparação da resposta de dosímetros termoluminescentes de CaSO₄:Dy em feixe de fótons e elétrons

Travagin, P. C.¹; Viccari, C.¹; Nicolucci, P.¹

Departamento de Física - FFCLRP - Universidade de São Paulo

Contato: pedro.travagin@usp.br

Introdução: A dosimetria termoluminescente (TL) é uma importante área do conhecimento em que, em várias de suas aplicações, são utilizadas pastilhas de CaSO₄:Dy, a única produzida comercialmente no Brasil. A dificuldade de encontrar trabalhos que relacionem a resposta dessas pastilhas em fontes de elétrons justifica a importância deste trabalho.

Materiais e Métodos: Um grupo de 52 pastilhas de CaSO₄:Dy foi exposto em uma fonte de ⁹⁰Sr/⁹⁰Y com taxa de dose de 10,4 mGy/min e em uma fonte de ¹³⁷Cs com 1,048 μGy/s. Para as duas fontes, as pastilhas foram irradiadas com até 2 mGy para aplicações do estudo em Proteção Radiológica.

Resultados e Discussões: Enquanto a resposta TL para o feixe de fótons é linear no intervalo de doses estudadas, a resposta para o feixe de elétrons tem maior intensidade e comportamento não linear.

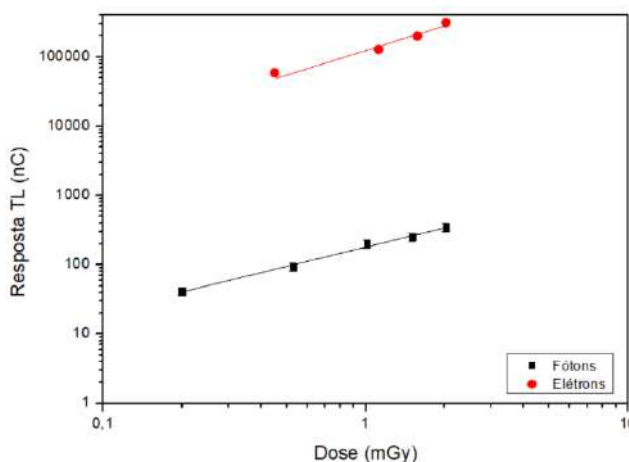


Figura 1: Resposta TL do CaSO₄:Dy para Fótons e Elétrons.

Conclusões: A resposta das pastilhas estudadas é adequada para dosimetria individual nos dois feixes no intervalo de doses analisadas, entretanto apresentando respostas diferentes para os dois tipos de radiação.

Comunicação dos riscos e benefícios do uso da radiação ionizante em procedimentos médicos

Lima, M.E.¹; Marvila, H.M.S.²; Oliveira, J.A.³ Oliveira, T.M.B.⁴ Pereira, B.S.⁵
Santana, L.G.O.⁶, Baptista, V.L.R.⁷, Miranda, G.Q.⁸, Machado, A.C.⁹, Oliveira, L.D.¹⁰,
Neves, J.V.R.¹¹, Santos, J.C.¹², Gonçalves, O.D.

Instituto de Física – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Contato: madu.sslima@gmail.com

Introdução: Esta pesquisa visa avaliar, qualitativamente, o conhecimento do público submetido a um exame de diagnóstico sobre riscos e benefícios da radiação além avaliar se os pacientes se sentem seguros em tais procedimentos.

Materiais e Métodos: Um questionário, disponível na plataforma google forms, aprovado pelo comitê de ética, anônimo e composto por 39 perguntas, sendo 10 sobre o paciente, 10 sobre medicina nuclear, 9 sobre radioterapia, 9 sobre radiodiagnóstico e 1 de opinião pessoal, foi utilizado para entrevistar pessoas que fizeram exames ou tratamentos que utilizam radiação ionizante. Atualmente, contamos com 228 respostas para radiodiagnóstico.

Resultados e Discussões: A Figura 1 apresenta as respostas dos entrevistados com relação às informações recebidas durante os procedimentos. Os resultados da mostram uma insegurança em relação aos procedimentos e falta de informação. Uma questão ainda em aberto sobre esse problema é se a comunicação dos riscos e benefícios melhoraria a percepção do paciente sobre o procedimento.



Figura 1: Respostas dos entrevistados com relação às informações recebidas durante os procedimentos médicos

Conclusões: Apesar de ainda não atingirmos a meta inicial de respostas, o nosso questionário apresenta um grupo respostas variado que nos permite enxergar a importância da elaboração de um material que esclareça não só como o exame é feito, como também os riscos e benefícios da radiação em contato com o corpo do paciente. É sabido que todos têm o direito à informação e nosso questionário visa a partir da pesquisa ao público a melhor maneira dessa informação chegar ao paciente de maneira clara.

Criação de um modelo de mama representativo da população para dosimetria em mamografia: desafios e perspectivas.

Tramontin, G.¹; Ferrauche, G.¹; Massera, R.T.¹ Tomal, A.¹

¹ Instituto de Física Gleb Wataghin – Universidade Estadual de Campinas

Contato: giovannatramontin@gmail.com

Introdução: A distribuição de tecido glandular (TG) é crucial para uma estimativa precisa da dose glandular em mamografia. Neste trabalho, busca-se investigar se modelos de mama simplificados, com distribuição 1D de TG, são representativos da população para estimativas da dose glandular, comparados a modelos realísticos com diferentes características.

Materiais e Métodos: Resultados de Dose Glandular Normalizada (DgN) foram obtidos por simulações Monte Carlo (MC) utilizando os softwares PENELOPE (v. 2018) + penEasy (v. 2020) para diferentes feixes de raios X e modelos de mama voxelizados com forma antropomórfica (Homogêneo: H, Gaussiana centrada: G, Gaussiana deslocada 15% e 12% abaixo do centro: G15 e G12, e realista: Fit_{PB}) [1].

Resultados e Discussões: A Figura 1 mostra diferença relativa Δ entre diferentes modelos de mama simplificados em relação ao Fit_{PB} [1] para uma glandularidade 20%. Os menores valores de Δ (0,08 - 12,23%) foram obtidos para o modelo G12, enquanto Δ de até 150,56% são observados para o modelo H. Para modelos gaussianos simplificados, ocorrem grandes variações com a profundidade do centro da distribuição de tecido glandular.

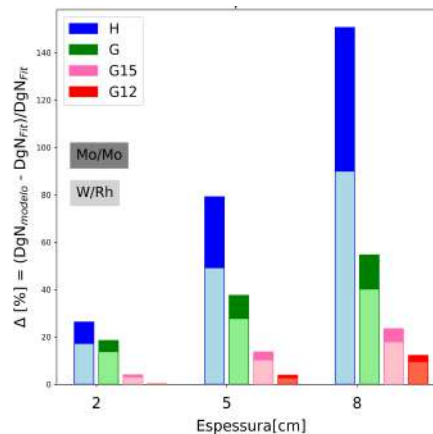


Figura 1. Diferença relativa Δ .

Conclusão: Embora seja tradicionalmente usado para dosimetria, o modelo H não é representativo e superestima a DgN. Ajustes na profundidade da distribuição gaussiana em modelos simplificados os tornam similares a modelos realistas e úteis para dosimetria populacional.

Referências:

[1] Ferrauche G., *et al*: Impact of fibroglandular tissue distribution and breast shape in voxelized breast models for dosimetry in mammography. **Phys. Med. Biol.** 68 074003

Deposição de energia de íons na célula utilizando um modelo geométrico implementado em código FLUKA

Silva, R. V.¹; Magiore, M. B.¹; Pelegati, A. M.¹; Moreira, M. L.¹; Moreira, R.¹; Gaiato, H. S.¹; Mesa, J.¹

¹Departamento Biofísica e Farmacologia – Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Contato: victoria.raposo@unesp.br

Introdução: A interação de íons com tecidos biológicos é um tema importante na radiobiologia e na medicina, pois as aplicações de íons em radioterapia estão em constante crescimento. deposição de energia dos íons em tecidos biológicos pode levar a danos celulares, que podem ser benéficos ou prejudiciais, dependendo do tipo de aplicação. O objetivo deste estudo foi avaliar a deposição de energia de íons em células usando um modelo geométrico implementado em código FLUKA.

Materiais e Métodos: O modelo celular geométrico [1] foi implementado em código FLUKA para simular a deposição de energia de íons em nível celular. Foram realizadas simulações para diferentes tipos de íons e energias.

Resultados e Discussões: Os resultados mostraram que a deposição de energia de íons na célula depende do tipo de íon e energia. O modelo geométrico implementado no código FLUKA mostrou-se eficiente para simular a deposição de energia de íons na célula (Figura 1). As simulações realizadas podem ser úteis para avaliar os efeitos biológicos da radiação ionizante em tecidos.

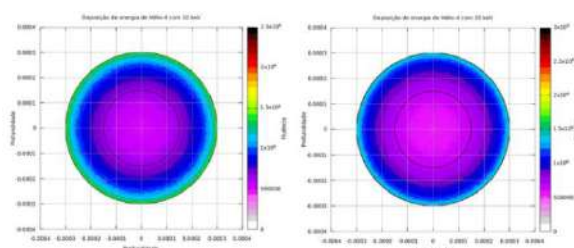


Figura 1: Exemplo de fluências calculadas para partículas α .

Conclusões: Este estudo demonstrou que o modelo geométrico implementado no código FLUKA pode ser utilizado para avaliar a deposição de energia de íons na célula. Os resultados obtidos podem ser úteis para entender os efeitos biológicos da radiação ionizante em tecidos biológicos e para desenvolver novas aplicações em radioterapia.

Referências Bibliográficas: [1] de Vera, P. *et al.* Analytical model of ionization and energy deposition by proton beams in subcellular compartments. *Eur. Phys. J. D*, 68, 96 (2014).

Desenvolvimento de dosímetro Fricke xilenol gel para longo tempo de exposição
 Rodrigues, P.¹; Talacimon, C.¹; Medeiros, I.¹; Teodoro, L.¹; Rigo, M.¹; Gesserame, M.¹;
 Tavares, P.¹; Nogueira, T.¹; Rosero, W.¹; Zeituni, C.¹; Rostelato, M.¹

¹Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Universidade de São Paulo

Contato: priscilasrodrigues@usp.br

Introdução: Os dosímetros Fricke xilenol gel (FXG) têm vantagens como a química bem conhecida da solução e a equivalência do tecido em faixa de energias de fótons. O objetivo deste trabalho é a produção do dosímetro FXG com adição de formaldeído para utilização de irradiação de longo tempo.

Materiais e Métodos: A receita FXG foi adaptada de Del Lama (2013) com adição de 0,189 M de formaldeído. Uma fonte de ⁶⁰Co (Gammacell) foi utilizada para irradiação. Para analisar o espectro visível, utilizou-se um espectrofotômetro Shimadzu UV-1800 nos comprimentos de ondas entre 350 e 650 nm.

Resultados e Discussões: Os FXGs apresentaram duas bandas (Figura 1): em 439 e 578 nm correspondentes aos íons Fe²⁺ e Fe³⁺ originados pela radio-oxidação dos íons Fe²⁺.

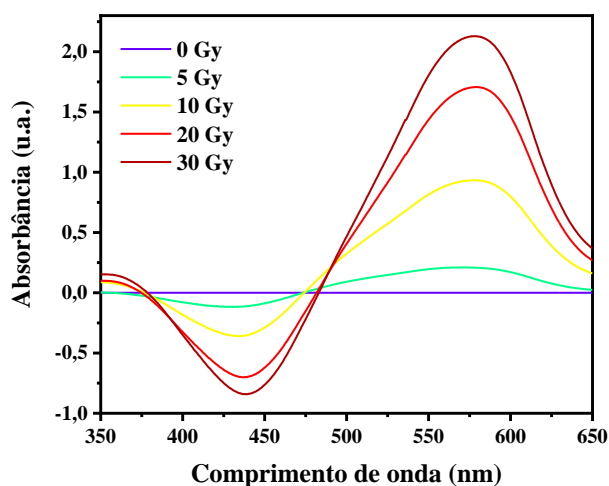


Figura 1: Espectros de FXG adicionado com formaldeído com doses entre 0 e 30 Gy.

Conclusões: A produção de FXG modificada foi bem estabelecida e apresentou vantagens como melhor difusão dos íons Fe²⁺ e estabilidade em relação ao FXG padrão.

Referências bibliográficas

DEL LAMA, L. S. *et al.* Prevention of transfusion-associated graft-versus-host disease by irradiation: technical aspect of a new ferrous sulphate dosimetric system. **PloS one**, v. 8, n. 6, p. e65334, 2013.



Desenvolvimento de um setup experimental para o estudo da influência de nanopartículas metálicas em células tumorais irradiadas com feixe de megavoltagem

Carvalho, G.¹; Laurindo, P.¹; Pianoschi, T.¹; Alva-Sánchez, M.¹; Trombini, H.¹

¹Grupo de Física Médica Experimental e Computacional – Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA)

Contato: gustavo.carvalho@ufcspa.edu.br

Introdução: Nanopartículas (NPs) metálicas podem aumentar a absorção da radiação ionizante pelas células tumorais, tornando-as mais suscetíveis a morte celular. O estudo da interação das NPs com feixes de aceleradores lineares se torna necessário para o desenvolvimento de terapias mais eficazes. Neste trabalho foi desenvolvido um setup experimental que permite investigar a influência das NPs metálicas em culturas celulares irradiadas com feixes de megavoltagem.

Materiais e Métodos: Simulações computacionais utilizando o código Monte Carlo PENELOPE foram realizadas com o objetivo de determinar a configuração experimental necessária para se obter uma distribuição de dose uniforme na cultura celular irradiada através de um acelerador linear de 6 MV. Dosímetros termoluminescentes (TLDs) foram utilizados para obter a distribuição da dose nas mesmas configurações simuladas.

Resultados e Discussões: Parâmetros como distância fonte superfície (93 cm), espessura de build-up (~1.4 cm) e do material (5 cm) para assegurar as condições de retroespalhamento após a cultura celular, ambos foram obtidos e simulados utilizando PMMA. Os resultados da distribuição da dose absorvida através da simulação computacional estão de acordo com os dados obtidos experimentalmente através dos dosímetros TLDs.

Conclusões: As simulações com o código PENELOPE permitem otimizar o cenário e condições de irradiação de células, garantindo uma melhor distribuição da dose absorvida na cultura celular e, conseqüentemente, diminuindo a incerteza nos futuros trabalhos que investigam a influência de NPs metálicas em culturas celulares.

Desenvolvimento e Construção de uma Leitora de Sinal Luminescente Opticamente Estimulado (LOE)

Dorneles, T.¹; Andrade, A. B.²; Oliveira, L. C.³; Valença, J. V. B.¹

¹ Grupo de Física Médica Experimental e Computacional, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA), Porto Alegre, Brasil

² Grupo de Física Médica Experimental e Computacional, Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Brasil

³ MRA Indústria de equipamentos eletrônicos, Ribeirão Preto, Brasil

Contato: thiago.dorneles@ufcspsa.edu.br

Introdução: A técnica de ‘Luminescência Opticamente Estimulada’ (LOE) vem sendo amplamente utilizada na área de dosimetria das radiações ionizantes, ganhando destaque no campo da dosimetria pessoal. O objetivo do trabalho é construir uma leitora LOE, com vistas à obtenção de um equipamento compacto, relativamente barato, e que possibilite a aquisição de informações acerca dos materiais a serem caracterizados. Atrelado ao desenvolvimento da leitora, se busca também a formatação do software de aquisição de dados.

Materiais e Métodos: Para a detecção do sinal LOE, será empregado um módulo fotomultiplicador acoplado a uma placa de captura de dados. O planejamento e execução da parte computacional se deu em ambiente do *LabView*, onde os blocos associados à configuração das medidas e salvamento dos dados foram construídos a partir das ferramentas disponibilizadas pelo ambiente de programação.

Resultados e Discussões: No estágio atual de execução do projeto, o software desenvolvido em LabView é capaz de controlar o acionamento dos LEDs (Figura 1). O algoritmo possibilita a criação de uma pasta no diretório especificado pelo usuário, incluindo os nomes indicados nos campos relativos à denominação da pasta e do arquivo de texto (Figura 2).

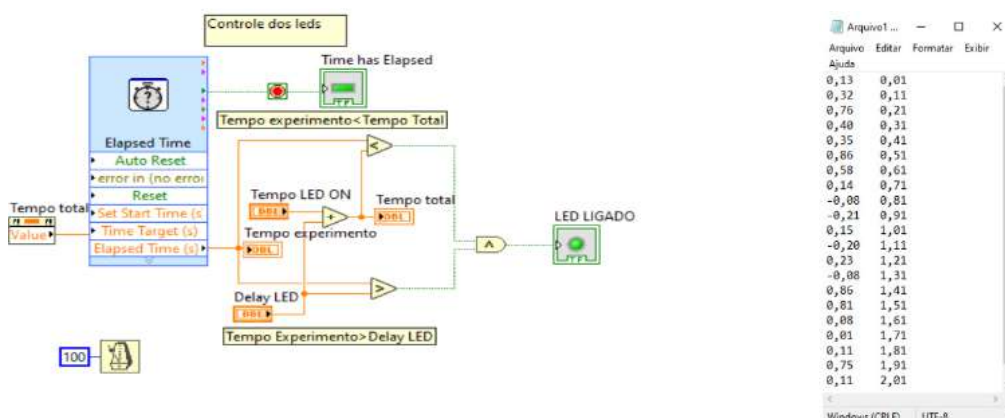


Figura 1: Recorte do código - controle e acionamento dos LEDs.

Figura 2: Apresentação do conjunto de dados obtidos.

Conclusões: As partes do programa já elaboradas apresentaram desempenho satisfatório no que se refere à futura operação acoplada a uma leitora de sinal LOE. Os próximos passos da pesquisa incluem a montagem da estrutura física e testes/validações a serem realizadas em materiais e leitoras comercialmente disponíveis.

Akselrod MS. Fundamentals of materials, techniques, and instrumentation for OSL and FNTD dosimetry. *AIP Conf. Proc.* 2011;1345:274-302.



Dose efetiva em pacientes durante procedimentos intervencionistas utilizando simulação Monte Carlo

Forell, J.¹; Marinello, C.¹; Santos, W.²; Morás, L.³; Yoshizumi, M.¹; Pianoschi, T.¹

¹Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

²Universidade Federal de Uberlândia

³Irmandade Hospitalar Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre

Contato: juliaff@ufcspa.edu.br

Introdução: Os procedimentos intervencionistas apresentam benefícios clínicos, mas podem acarretar em altas doses para o paciente e, conseqüentemente, levar ao aparecimento de efeitos biológicos indesejáveis. Outros fatores, como a falta de controle de qualidade adequado dos equipamentos, podem potencializar essa situação. O objetivo deste trabalho é avaliar a dose efetiva e a dose absorvida por pacientes em procedimentos intervencionistas utilizando simulações Monte Carlo.

Materiais e Métodos: Para estimar a dose absorvida e efetiva (ICRP 103) dos procedimentos foi utilizado o código computacional MCNPX, versão 2.7.0. O cenário de uma sala de eletrofisiologia foi modelado com as mesmas condições clínicas de procedimentos reais. O paciente foi representado por meio de um simulador antropomórfico masculino, conforme descrições da ICRP 110. Além disso, a simulação foi realizada para tensões do tubo - dadas em quilovoltagem (kV) e diferentes projeções: ântero-posterior (AP), pósterio-anterior (PA), lateral esquerda (LE) e lateral direita (LD).

Resultados e Discussões:

Tabela 1: Diferença entre a dose absorvida e a dose efetiva.

	Dose absorvida (mSv)	Dose efetiva (mSv)
Incidência AP	3,65	0,251
Incidência PA	2,16	0,125
Incidência LE	2,02	0,188
Incidência LD	2,00	0,119

É possível observar que a dose efetiva difere da dose absorvida, de acordo com a projeção. Para as projeções AP e PA as doses absorvidas e efetivas são maiores na AP por conta da atenuação do feixe pela mesa. Já para as projeções laterais, a dose absorvida é praticamente a mesma, mas a dose efetiva difere por conta da disposição dos órgãos.

Conclusões: Durante os procedimentos de radiologia intervencionista a dose absorvida nos pacientes é mensurada, entretanto, esse estudo conclui que do ponto de vista de proteção radiológica é imprescindível mensurar a dose efetiva devido a diferentes radiosensibilidades dos tecidos. Novos estudos em diferentes configurações podem auxiliar na implementação de boas práticas de proteção radiológica dentro do ambiente hospitalar, para a segurança do paciente e dos indivíduos ocupacionalmente expostos.

Estimativa da dose glandular média usando curvas de dose em profundidade

Rodrigues, ATD.¹; Tomal, A.¹

¹Instituto de Física “Gleb Wataghin”, Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Contato: atomal@ifi.unicamp.br

Introdução: Neste trabalho foi implementada e validada uma nova metodologia para estimar a dose glandular média (DGM) em mamografia utilizando coeficientes de conversão de dose média na mama inteira (c_m) [1] e curvas de dose em profundidade (DP), determinadas experimentalmente e por simulação Monte Carlo (MC).

Materiais e Métodos: As curvas de DP em um objeto simulador de mama, composto por acrílico, foram obtidas por simulação MC (Penelope v. 2018 + Peneasy v. 2020) e experimentalmente, utilizando dosímetros TLD-100. Foi usado um espectro de raios X produzido por um anodo de tungstênio e 40 kVp. A dose média na mama inteira (DMI) foi calculada integrando-se a DP sobre toda a espessura da mama, enquanto a DGM foi determinada pelo produto entre a DMI e os coeficientes c_m .

Resultados e Discussões: A equivalência entre as curvas de DP obtidas experimentalmente e por simulação MC é ilustrada na Figura 1, com diferenças de 12% entre os respectivos valores de DMI calculados. As diferenças foram de 19,9% e 0,2% para as estimativas de DGM baseadas, respectivamente, na DMI experimental e simulada em comparação com o método convencional baseando na medição do kerma no ar.

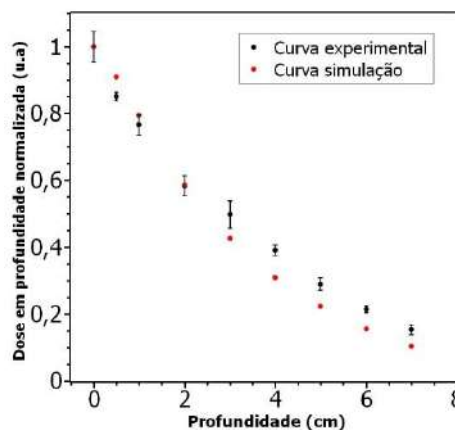


Figura 1 – Curvas de dose em profundidade.

Conclusões: O método proposto mostrou-se preciso para estimativa da DGM baseado na curva de DP simulada. Para a avaliação experimental, é necessário um refinamento do método para a definição da qualidade do feixe utilizado experimentalmente.

Referências bibliográficas

[1] Rodrigues ATD., *et al*: Simulação Monte Carlo de coeficientes de conversão para dosimetria em mamografia. **Revista Brasileira de Física Médica**. v. 16, p. 693, 2022.



Estimativa da dose ocupacional em eletrofisiologia cardíaca utilizando simulação Monte Carlo

Marinello, C.¹; Lykawka, R.²; Santos, W.³; Bacelar, A.²; Pianoschi, T.¹

¹ Curso de Física Médica – UFCSPA

² Serviço de Física Médica e Radioproteção – HCPA

³ Instituto de Física – UFU

Contato: camilama@ufcspa.edu.br

Introdução: Os profissionais de cardiologia intervencionista são reconhecidos como os mais expostos aos raios X em ambiente hospitalar. No entanto, os resultados da dosimetria pessoal regulamentada não retratam por vezes estas condições de exposição. O objetivo deste trabalho é estimar as doses recebidas pelos profissionais da eletrofisiologia cardíaca por meio de Simulação Monte Carlo, avaliando critérios de proteção radiológica.

Materiais e Métodos: O trabalho foi desenvolvido com a criação de um cenário no código computacional MCNPX 2.7.0, na mesma configuração clínica do procedimento, considerando um paciente e trabalhador adulto típico. O paciente foi representado por um simulador antropomórfico masculino de referência da ICRP 110. Os parâmetros utilizados na simulação foram: protocolo, FOV, ângulo de incidência e espectro do feixe de raios X. Foram considerados cenários com e sem o uso de proteção plumbífera pela equipe.

Resultados e Discussões: Do conjunto de órgãos avaliados, os mais expostos foram o fígado, as gônadas, tireoide e bexiga. A dose efetiva anual do médico eletrofisiologista foi de 7,423 mSv, e quando utilizada a proteção foi de 0,061 mSv, uma redução de 92,73% da radiação recebida pelo profissional.

Conclusões: Foi possível estimar a dose recebida pela da equipe da eletrofisiologia através de Simulação Monte Carlo, sendo validada a importância da adoção de boas práticas de proteção radiológica durante o procedimento, como o uso de proteção plumbífera.

Estudo de simulações Monte Carlo de curvas de PDP para diferentes energias de fótons com MCNP em um frasco de solução Fricke

Tavares, P.V.¹; Pereira, J. J.²; Rodrigues Jr, O.¹; Yoriyaz, H.²; Campos, L. L.¹

¹ Centro de Metrologia das Radiações – IPEN, Universidade de São Paulo (USP/SP)

² Centro de Engenharia Nuclear – IPEN, Universidade de São Paulo (USP/SP)

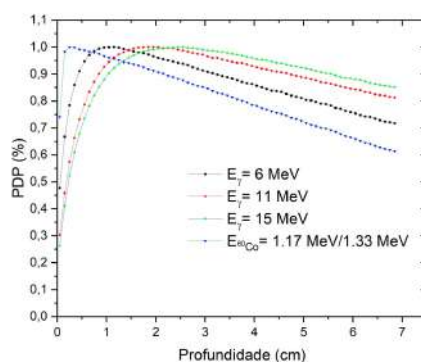
Contato: paulo.tavares@ipen.br

Introdução: O uso de fótons de diferentes energias na radioterapia é fundamental para ajustar a dose de radiação de acordo com a profundidade do tumor e minimizar os efeitos colaterais em tecidos saudáveis próximos. Fótons de baixa energia depositam a maior parte de sua energia perto da superfície do corpo, enquanto fótons de alta energia podem penetrar mais profundamente. A solução Fricke gel é um material ideal para uso como phantom, pois possui densidade próxima à da água e permite a dosimetria a partir do aumento da concentração de Fe^{3+} causada pela irradiação. Além disso, essa solução pode ser utilizada para dosimetria na área de radioterapia. O software MCNP é amplamente utilizado na simulação de transporte de radiação. Neste trabalho, será realizado um estudo da dependência energética da solução Fricke a partir da ferramenta MCNP ao simular diferentes energias de fótons.

Materiais e Métodos: O MCNP foi utilizado na sua versão 6.2, simulando uma fonte em formato de disco com raio de 5,0 cm, com espectros contínuos de 6 MeV, 11 MeV, 15 MeV e valores discretos de 1,17 MeV e 1,33 MeV para o ^{60}Co , emitindo radiação de forma monodirecional a uma distância de 100 cm do frasco. O frasco, por sua vez, consistia de um cilindro de PET com 7 cm de comprimento, 2,5 cm de raio e 0,05 cm de espessura, preenchido com solução de Fricke gel. Os resultados foram obtidos por meio do tally *F8, usado para calcular a deposição de energia em MeV em cada um dos 69 pontos dentro do frasco.

Resultados e Discussões:

Figura 1: Curva de perfil de dose em função da profundidade para diferentes energias de fótons.



A curva de PDP resultado da simulação em fótons de diferentes energias mostra um deslocamento da região de *build up*. O deslocamento ocorre por a interações eletromagnéticas dos fótons em energias mais altas ocorrerem em uma maior profundidade no material.

Conclusões: Conclui-se que esse deslocamento da região de *build up* na solução Fricke pode ser de interesse com o objetivo de aumentar a profundidade da dose máxima. Essas simulações poderão ser repetidas e comparadas com a ferramenta TOPAS e experimentos clínicos.



Estudo de viabilidade em dosimetria para Braquiterapia de alta taxa de dose com fonte de Ir-192

Mantuano, A.^{1,2}; Pickler, A.^{1,2}; Mota, C.L.^{1,2}; Gonzalez, E.S.V.²; Leite, S.P.²; Marechal, M.H.²; Salata, C.³; Magalhães, L.A.G.².

¹ Departamento de Física Aplicada e Termodinâmica (DFAT/UERJ) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, ² Departamento de Ciências Radiológicas (LCR/DCR/UERJ) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, ³ Departamento de Aplicações médicas e de pesquisa (Diamp/CNEN) – Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Contato: mantuanoandrea@gmail.com

Introdução: O laboratório de Dosimetria Química Fricke (LabFricke) do Laboratório de Ciências Radiológicas (LCR/DCR/UERJ), Rio de Janeiro, Brasil, foi um dos laboratórios selecionados para participar de um projeto da Agência Internacional de Energia Atômica, (IAEA), cujo objetivo é o desenvolvimento de um sistema de auditoria para fontes de braquiterapia de alta taxa de dose. Nove países participam deste projeto e o objetivo específico do Brasil é realizar uma intercomparação em termos de dose absorvida na água para fontes de braquiterapia HDR, entre os países participantes do projeto. Os primeiros testes com frascos contendo solução Fricke para irradiação foram feitos em Teflon. Esses testes foram realizados em dois hospitais do Rio de Janeiro e os resultados preliminares serão apresentados neste trabalho, onde a diferença máxima entre a dose prescrita no sistema de planejamento e a Dose Fricke foi de apenas 0,48%.

Materiais e Métodos: Foram realizadas, de forma preliminar, três conjuntos de medidas em dois serviços de referência do Rio de Janeiro. Foram realizadas tomografias dos holders de teflon e realizado o planejamento, em 3D, para uma dose prescrita de 23,68 Gy no centro do dosímetro Fricke.

Resultados e Discussões: Os resultados preliminares mostraram desvios entre a dose prescrita e Dose Fricke de 0,34, 0,48 e 0,24%, sendo a dose prescrita de 23,68 Gy.

Conclusões: Analisando os resultados obtidos nos dois serviços de referência, podemos verificar que o maior desvio encontrado em relação à dose calculada foi de 0,48%. Estes resultados confirmam a possibilidade do uso da dosimetria Fricke para as medidas de intercomparação neste projeto da IAEA.

Influência das características da mama na distribuição de dose glandular em voxel

Tramontin, G.¹; Ferrauche, G.¹; Massera, R.T.¹; Tomal, A.¹

¹ Instituto de Física Gleb Wataghin – Universidade Estadual de Campinas

Contato: giovannatramontin@gmail.com

Introdução: A distribuição da dose glandular em voxels (GVD) fornece a variabilidade da dose em modelos voxelizados de mama, que pode ser uma informação complementar à dose glandular média (DGM) para avaliação de risco em mamografia. O objetivo deste trabalho é investigar a influência das características da mama (espessura, quantidade e distribuição de tecido glandular) na GVD e sua relação com a DGM.

Materiais e Métodos: O código PENELOPE (v. 2018) + penEasy (v. 2020) foi utilizado para simular a DGM e a GVD em mamografia para diferentes modelos de mama voxelizados (Uniforme, Gauss_C, Gauss_L e Fit_{PB}) [1], espessuras e glandularidades.

Resultados e Discussões: A figura 1 mostra os histogramas de GVD para diferentes espessuras e modelos de mama com glandularidade 40%, comparado com DGM (linhas verticais). A GVD é assimétrica em relação aos valores de DGM, e sua variabilidade depende do modelo e espessura da mama. A quantidade de voxels que recebem uma dose maior que a DGM é, em média, 38,5% para todos os modelos.

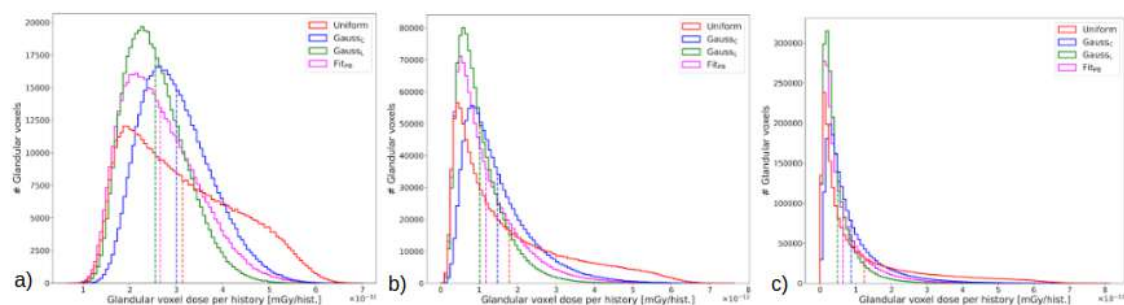


Figura 1. Histogramas de GVD e valores de MGD (linhas verticais para diferentes modelos de mama e espessuras: a) 2, b) 5 e c) 8 cm

Conclusão: A GVD e sua relação com a MGD dependem das características da mama. Compreender o impacto dessas variações de dose em voxels pode ser uma informação importante no desenvolvimento de novos protocolos de dosimetria em mamografia.

Referências:

[1] Ferrauche G., *et al*: Impact of fibroglandular tissue distribution and breast shape in voxelized breast dose models for dosimetry in mammography. **Phys. Med. Biol.** 68 074003.



Investigação sobre o uso da dosimetria Fricke para radiação cósmica

Mantuano, A.^{1,2}; Pickler, A.^{1,2}; Mota, C.L.^{1,2}; Salata, C.³; Souza, M.O.⁴; Soares, C.⁵; Salles, C.⁶; Magalhães, L.A.G.².

¹ Departamento de Física Aplicada e Termodinâmica (DFAT/UERJ) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, ² Departamento de Ciências Radiológicas (LCR/DCR/UERJ) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, ³ Departamento de Aplicações médicas e de pesquisa (Diamp/CNEN) – Comissão Nacional de Energia Nuclear, ⁴ Universidade Estadual do Norte Fluminense, ⁵ Escola Municipal Dr. Getulio Vargas, ⁶ Departamento de Educação de Campos dos Goytacazes – Clube de Astronomia Louis Cruls.

Contato: mantuanoandrea@gmail.com

Introdução: O dosímetro Fricke através de pesquisas realizadas no laboratório de Dosimetria Química Fricke (LabFricke) do Laboratório de Ciências Radiológicas (LCR/DCR/UERJ), Rio de Janeiro, Brasil, vem se mostrando um recurso para realização de dosimetria primária de fácil acesso visto que tem o potencial para ser utilizado de forma postal. O presente trabalho teve como objetivo realizar a dosimetria Fricke aeroespacial, postal, utilizando dosímetros enviados em bolsas de polietileno enviadas em foguetes e balões pela estação espacial da NASA em colaboração com a Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF).

Materiais e Métodos: Foram enviadas bolsas de polietileno com dimensões de 3,0 x 3,0 x 0,2 cm³ com massa de 1,0 g cada de solução Fricke, incluindo bolsas de controle e bolsas que sofreram a irradiação levadas ao espaço. Os dosímetros foram enviados em foguetes de sonda da NASA WallopsFlightFacility em WallopsIsland, Virgínia, Estados Unidos, e, em balões, como uma carga secundária na missão NASA's Balloon Program Office test flight SIFT da Columbia Scientific Balloon Facility (CSBF) da NASA em Ft. Sumner, Novo México.

Resultados e Discussões: A Dose média na solução Fricke irradiada no balão foi de $9,3 \pm 1,5$ Gy, e no lançamento do foguete apresentaram uma dose média de $20,4 \pm 1,4$ Gy. Resultado coerente de acordo com as altitudes e condições de contorno de cada voo.

Conclusões: O dosímetro Fricke se mostra eficaz para a dosimetria aeroespacial uma vez que foi realizada a dosimetria de acordo com as condições de contorno apresentadas. A obtenção de maiores informações técnicas de voo, podem gerar resultados futuros com maior precisão e menores incertezas nos resultados.

Íons energéticos no tratamento de tumores: o papel crucial dos elétrons de baixa energia

Magiore, M. B.¹; Mesa, J.²

¹Departamento Biodiversidade e Bioestatística – Universidade Estadual Paulista (UNESP)

²Departamento de Biofísica e Farmacologia – Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Contato: beatriz.maggiore@unesp.br

Introdução: Os processos de excitação e ionização eletrônicas são os maiores responsáveis pela perda de energia de íons rápidos durante a sua propagação em alvos orgânicos, resultando na geração de um grande número de elétrons secundários.¹ A interação desses elétrons de baixa energia com os tecidos biológicos é uma parte importante da avaliação do dano total induzido pela radiação primária. O objetivo deste trabalho é utilizar equações do formalismo dielétrico para calcular o alcance desses elétrons, descrevendo sua interação e como isso pode ser explorado para aprimorar os modelos de dano de radiação.

Materiais e Métodos: O formalismo dielétrico² é uma abordagem teórica utilizada para descrever a interação da radiação ionizante com a matéria, fornecendo expressões para calcular os momentos estatísticos da distribuição de perda de energia de uma partícula energética, como o livre caminho médio inelástico e o stopping power, bem como a probabilidade de transferência de energia. Com essas informações, é possível calcular o alcance dos elétrons de baixa energia e obter um mapa da probabilidade de ionização em relação à distância radial a partir do íon. Todas as equações citadas serão detalhadas na apresentação.

Resultados:

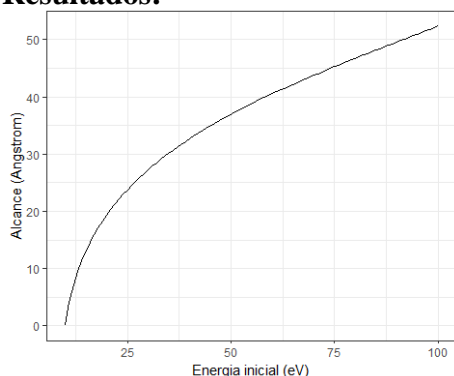


Figura 1: Alcance dos elétrons em água

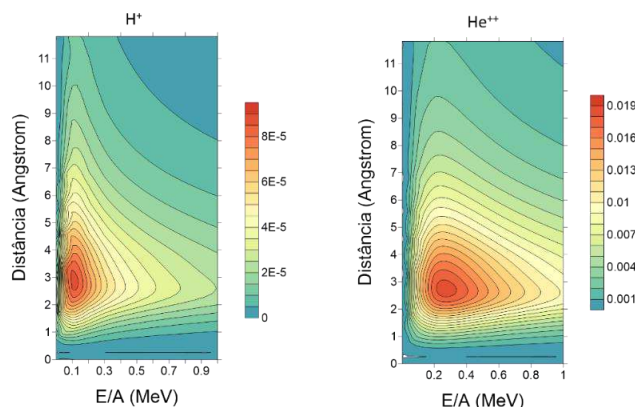


Figura 2: Eficiência de ionização pela distância radial.

Conclusões: O alcance de elétrons aumenta com a energia inicial, chegando a cerca de 52 Å para elétrons de 100 eV. A eficiência de ionização foi calculada para ambos os tipos de feixes, na situação limite de que os elétrons sejam todos emitidos na direção perpendicular ao feixe iônico e que eles se propagam instantaneamente, identificando uma região de máxima produção de ionizações a uma distância de cerca de 3 Å do feixe, para as duas partículas, sendo observado o pico para energias de ~0,1 MeV e ~0,2 MeV para prótons e partículas α , respectivamente. Destaca-se que os cálculos e resultados deste trabalho estão em constante correção e aprimoramento e se estendem para além das figuras apresentadas neste resumo.

Referências bibliográficas

¹Dapor, M.: “Transport of Energetic Electrons in Solids”, Springer Nature, vol. 271, Berlin, 2020.

²de Vera, P.; Abril, I.; Garcia-Molina, R.: “Inelastic scattering of electron and light ion beams in organic polymers”, Journal of Applied Physics 109, 094901, 2011.

³Inokuti, M. “Ionization yields in gases under electron irradiation”, Radiation Research, v. 64, 1975.



Monte Carlo calculation of air-kerma rate constants for different radionuclides

Paixão, L.¹; Fonseca, T.C.F.²

Departamento de Anatomia e Imagem, Faculdade de Medicina – Universidade Federal de Minas Gerais

Contato: lucaspaixao@ufmg.br

Introduction: The values of the air-kerma rate constant for different radionuclides are often used for calculations of radiation shielding, patient dose, etc. Normally, the values of the air-kerma rate constant are calculated with analytic equations. In this work, the air-kerma rate constant values are calculated by Monte Carlo modelling and simulations.

Materials and Methods: Air-kerma rate constant values were calculated for nine different radionuclides (C^{11} , O^{15} , F^{18} , Ga^{67} , Ga^{68} , Tc^{99m} , I^{131} , Tl^{201} , and Sm^{153}). The simulation scenario proposed by Paixão and Fonseca (2022) was considered. The photon emission spectra were taken from the RADAR database.

Results and Discussions: The results are presented in Table 1. In general, our results are lower than the air-kerma values reported in the literature. The mean overall difference is $(-4 \pm 5)\%$.

Table 1: Air-kerma rate constant values calculated in this work.

	Air-kerma rate constant ($\times 10^{-18}$ Gy m^2 Bq $^{-1}$ s $^{-1}$)								
	C^{11}	O^{15}	F^{18}	Ga^{67}	Ga^{68}	Tc^{99m}	I^{131}	Tl^{201}	Sm^{153}
This work	37.39	37.44	36.25	5.113	34.63	3.956	14.05	2.817	2.960
Ninkovic <i>et al</i>	38.7	38.7	37.5	5.40	35.84	3.92	14.50	2.84	--
Smith & Stabin	38.4	38.7	37.4	5.27	35.67	5.23	14.50	2.96	3.17

Conclusions: The values of the air-kerma rate constant for nine different radionuclides were calculated by Monte Carlo modelling and simulations. The results are in agreement with the literature. In addition, the results were compared with those in the literature and found to be more precise.

References

Paixão L. e Fonseca T.: *Experimentos computacionais de Física das Radiações*. ISBN: 9798417769528

Propriedades Dosimétricas do Fluoreto de Sódio (NaF) e Nanocompósitos de Prata

F. P. Capia¹ e E. J. Guidelli¹

¹Departamento de Física, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil Contato: fraylenin@usp.br

Introdução: A luminescência plasmônica teve um grande impacto na detecção de radiação ionizante e no desenvolvimento de novos dosímetros. As nanopartículas de prata (NpAg) vêm ganhando grande importância devido às suas propriedades ópticas (plasmônicas). Essas nanopartículas metálicas são utilizadas porque a banda de ressonância plasmônica pode ser ajustada de acordo com a forma e o tamanho das nanopartículas. A banda de ressonância plasmônica é causada pela oscilação coletiva de elétrons livres na superfície da partícula metálica devido à interação com o campo elétrico da luz. Neste trabalho, estudamos a ressonância plasmônica de nanopartículas de prata (AgNp) para obter um aumento na intensidade da luminescência opticamente estimulada (OSL) e termoluminescência (TL) do NaF.

Materiais e Métodos: Inicialmente, foi preparada uma solução aquosa de Fluoreto de sódio, depois é adicionada as nanopartículas de prata em diferentes concentrações, foram secas em uma estufa a 150 °C. Esse processo permitiu um melhor crescimento dos cristais de NaF com a prata. Posteriormente, as amostras são caracterizadas por DRX, MET, espectroscopia e refletância.

Resultados e Discussões: Na figura 1(A) observa-se o aumento da intensidade OSL, é maior para a amostra que tem 0.05 mL de NpAg é em comparação de NaF puro tem um ganho máximo de 2.5 vezes. As curvas de TL são mostradas na figura 1(B) mostrando picos em 127 e picos principais entre 160 e 180 °C e para a amostra de 0.1 NpAg mostra um pico em 211 °C, sendo o pico máximo para uma concentração de 0.1 mL de NpAg, seguido de um decréscimo para as demais amostras. A diminuição desses picos, pode estar relacionada com a agregação das NpAg.

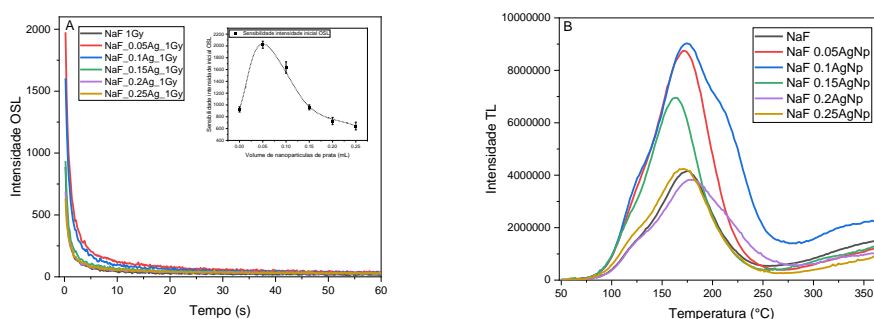


Figura 1 (A) Curva de decaimento CW-OSL de amostras de NaF (10 mg) irradiadas com 1Gy e estimuladas com luz azul com diferentes volumes de NpAg, no gráfico pequeno é a Sensibilidade da intensidade inicial OSL (B) Curvas TL de amostras NaF com diferentes volumes de NpAg irradiados com 1 Gy.

Conclusões: A partir desses resultados, é possível observar que as NpAg quando inseridas em NaF podem aumentar as intensidades OSL e TL, embora, devido ao efeito de ressonância plasmônica, maior intensidade OSL é para 0.05mL de NpAg. Por outro lado, o OSL e TL parecem possuir uma quantidade de saturação, diminuindo seu sinal para maiores quantidades de NpAg.

Referências bibliográficas

- Guidelli, E. J., Ramos, A. P., & Baffa, O. (2014). Optically Stimulated Luminescence Under Plasmon Resonance Conditions Enhances X-Ray Detection. *Plasmonics*, 9(5), 1049–1056
- Isikawa, M. M., Assunção, A. C. A., Baffa, O., & Guidelli, E. J. (2021). Enhanced optical cross-section of radiation induced defect centers under plasmon resonance conditions: Shifting stimulation wavelength of optically stimulated luminescence dosimeters. *Journal of Luminescence*, 231.



Simulações dosimétricas computacionais de DBT de mama com e sem compressão

Ferro, A. G. L.¹; Souza, D. N.¹; Santos, W. S.²; Belinato, W.³

¹Universidade de Federal de Sergipe, São Cristóvão, Brasil

²Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil

³Instituto Federal da Bahia, Vitória da Conquista, Brasil

Contato: analeaoferro@icloud.com

Introdução: O câncer de mama é o tipo de neoplasia mais comum entre mulheres no mundo todo, atrás apenas do câncer de pele não melanoma¹. A Tomossíntese Mamária Digital (DBT) é uma opção de qualidade no rastreamento do câncer de mama. Por empregar radiação ionizante, são necessários estudos sobre aspectos dosimétricos da DBT. O objetivo deste trabalho é apresentar dados comparativos de dosimetria computacional de DBT com e sem compressão da mama.

Materiais e Métodos: Para os cálculos dosimétricos empregou-se o código computacional Monte Carlo N-Particle (MCNPX 2.7.0)³, considerando o cenário da sala de exame contendo um equipamento MAMMOMAT Inspiration da Siemens e o *phantom* FASH3_M50_H50_STA⁴ com as devidas adaptações na espessura e densidade mamária.

Resultados e Discussões: Foram constatadas diferenças entre as doses absorvidas na mama e outros órgãos ao se alterar as dimensões da mama em razão da compressão necessária para o exame. As diferenças podem ser corrigidas com uso de fatores de correção, possibilitando que os procedimentos dosimétricos possam ser realizados com phantom de mama não comprimida.

Conclusões: Os resultados obtidos possibilitam propor que um mesmo phantom de mama seja empregado para simular mama comprimida ou não comprimida em DBT.

Referências bibliográficas

[1] INCA. Estimativa 2018. Incidência de câncer no Brasil. 2017. doi:978-85-7318-283-5.

[3] Pelowitz DB. Mcnpx Tm User ' S Manual. 2011. doi:LA-CP-05-0369.

[4] Cassola VF, Milian FM, Kramer R, De Oliveira Lira CAB, Khoury HJ. Standing adult human phantoms based on 10th, 50th and 90th mass and height percentiles of male and female Caucasian populations. Phys Med Biol 2011;56:3749–72. doi:10.1088/0031-9155/56/13/002.



Síntese e caracterização de nanopartículas de $\text{LiCaAlF}_6:\text{Eu}$ para uso em dosimetria de radiação ionizante

Chicango, G.¹; Guidelli, E.¹

¹Departamento de Física – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto

Contato: gabychicango77@usp.br

Introdução: O uso da radiação ionizante na medicina ou indústria pode causar danos à saúde das pessoas expostas, tornando crucial o desenvolvimento de dosímetros sensíveis para medir a radiação. Esse estudo visa sintetizar e caracterizar nanopartículas de $\text{LiCaAlF}_6:\text{Eu}$ para avaliar suas propriedades dosimétricas em nanoescala, já que recentes investigações em monocristais mostraram excelentes propriedades de RL, TL e OSL[1].

Materiais e Métodos: As NPs foram sintetizadas pelo método hidrotérmico[2], usando LiCl , CaCl_2 , $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, NH_4F e EuCl_3 como reagentes, e água e etilenoglicol como solventes. A quantidade de solventes e dopante foi variada procurando otimizar as propriedades dosimétricas.

Resultados e Discussões: Análises estruturais e morfológicas foram realizadas, resultando em partículas esféricas com tamanho médio de 150 nm a 200 nm. As partículas apresentaram sinal TL em 180-220°C e demonstraram uma boa intensidade OSL e RL ($\lambda=369\text{nm}$), sendo que a amostra dopada com 0.1% Eu apresentou o melhor desempenho.

Conclusões: As nanopartículas $\text{LiCaAlF}_6:\text{Eu}$ apresentam potencial para serem utilizadas como dosímetros OSL, proporcionando um bom grau de sensibilidade. Além disso, a elevada intensidade de RL observada nas mesmas sugere sua aplicabilidade em terapia fotodinâmica ativada por raios X (X-PDT), o que pode ser explorado em futuros estudos.

Referências bibliográficas

- [1] Yang, M., et al. $\text{LiCaAlF}_6:\text{Eu}$ and $\text{LiCaAlF}_6:\text{Ce}$ Single Crystals Grown by the Vertical Bridgman Method in a Nonvacuum Atmosphere and Their Optical and Scintillation Properties. *Crystal Growth & Design*, 2021, vol. 21, no 2, p. 847-853.
- [2] Pedroni, M., et al. Water (H_2O and D_2O) dispersible NIR-to-NIR upconverting $\text{Yb}^{3+}/\text{Tm}^{3+}$ doped MF_2 (M= Ca, Sr) colloids: influence of the host crystal. *Crystal growth & design*, 2013, vol. 13, no 11, p. 4906-4913.



Uso do código PENELOPE na otimização de um setup experimental para irradiação de culturas celulares na presença de nanopartículas metálicas

Laurindo, P. R.D.¹; Carvalho, G.¹; Pianoschi, T. A.¹; Alva-Sánchez, M. S.¹; Trombini, H.¹

¹Grupo de Física Médica Experimental e Computacional – Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA)

Contato: paulodl@ufcspa.edu.br

Introdução: O uso de nanopartículas (NPs) metálicas é capaz de aumentar a absorção da radiação ionizante em células tumorais, resultando em maior dano celular. Com isso, surge a necessidade de entender melhor a influência de nanopartículas metálicas na deposição de dose em células tumorais irradiadas, através do uso de equipamentos irradiadores. Neste trabalho foram realizadas simulações computacionais para otimizar um setup experimental que permite investigar a influência de NPs de ouro e prata em culturas celulares irradiadas através de um irradiador de sangue dedicado.

Materiais e Métodos: Foram realizadas simulações computacionais através do código Monte Carlo PENELOPE na qual foi modelado um cenário de um irradiador de sangue com uma fonte de Cs-137. Nas simulações foram utilizados diferentes materiais, como água (H₂O) e polimetilmetacrilato (PMMA), empregados em uma geometria estruturada para o planejamento experimental. A rotação da fonte de Cs-137 foi simulada utilizando 6 campos de irradiação com 60° entre si. A distribuição de dose foi obtida no plano médio central da placa de titulação de 96 poços.

Resultados e Discussões: Através da simulação computacional, foi obtido uma espessura de build-up de ~ 0.4 cm para o Cs-137 e uma diferença entre a dose absorvida máxima e mínima de ~ 14%. Além disso, ficou destacado a importância de preencher o volume ao redor da placa de titulação com bolsas de sangue preenchidas com água. Essas bolsas foram representadas na simulação utilizando PMMA.

Conclusões: Os resultados obtidos na simulação computacional por meio do código Monte Carlo PENELOPE podem auxiliar na determinação de condições de irradiação de células que assegurem uma maior homogeneidade na dose depositada no volume irradiado. Isso resulta na redução da incerteza em futuros trabalhos que investigam a influência de NPs metálicas em culturas celulares.

A influência do BHC nos valores de N°CT para diferentes materiais

Grigio, AFR.¹; Hutim, MSA.¹; Marques, JB.¹; Simoes, RFP.¹

¹ Departamento de Física Médica – Instituto Nacional de Câncer

Contato: alaine.ramos@edu.inca.gov.br

Introdução: Este estudo visa verificar o efeito do BHC (*Beam Hardening Correction*) nos valores de número CT (NCT) em materiais de diferentes densidades eletrônicas (DE).

Materiais e Métodos: Foram adquiridas imagens do Catphan®504 e CIRS®062M em um scanner Canon® Aquilion Lightning CT sob protocolo na tensão de 100 kVp com os kernels de convolução: FCs 08 (com BHC) e 18 (sem BHC). A análise foi realizada no software ImageJ®.

Resultados e Discussões: Verificou-se que houve uma variação no NCT em relação à profundidade do objeto de estudo no simulador, independentemente da aplicação do BHC, especialmente para o osso denso (>10 HU). Todos os materiais apresentaram uma diferença de cerca de ± 10 HU entre o FC 08 e o FC 18, exceto o osso denso e o teflon, que são materiais com DE relativa (H_2O) > 1,4. No teflon, houve uma redução no NCT, que pode ser atribuído ao seu baixo valor da DE [10^{23} e/g], que é ainda menor do que o do ar ($3,002 \times 10^{23}$ e/g), conforme ilustrado na figura 1.

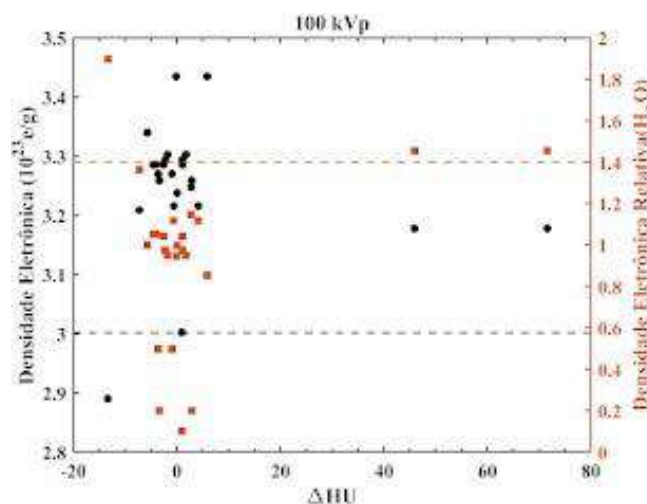


Figura 1: Relação entre ΔHU (FC08/18), DE rel. (H_2O) e DE [10^{23} e/g].

Conclusões: O uso de FC com BHC alterou os valores do NCT em relação aos sem BHC. Para materiais com DE relativa (H_2O) maior que 1,4, o BHC influenciou o NCT acima de ± 10 HU. Para elementos com DE acima de 1,4 e posicionado mais próximo da região central, com uso do BHC, a variação foi acima de 50 HU em relação às periféricas sem BHC. Este estudo sugere que os exames que valorizam a quantificação do NCT de estruturas anatômicas com DE acima de 1,4 precisam evitar o uso do BHC e que estudos mais aprofundados devem abordar este tema.



Automatização da aquisição de dados radiológicos para determinação da Dose Glandular Média na mamografia

Gonçalves, G. L.¹; Assunção, M. F. M.^{1,2}

¹ Instituto de Física – Universidade Federal de Goiás

² Secon - Serviços de Radioproteção

Contato: gustavo.lopes@discente.ufg.br

Introdução: A Dose Glandular Média (DGM) é um parâmetro de dose proporcional ao Kerma presente em exames de mamografia, expressa em Grays (Gy). Essa grandeza pode ser extraída dos metadados da imagem Dicom e estudada estatisticamente juntamente com outros parâmetros da imagem. Este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um código que automatiza a extração dessas informações, e as analisa estatisticamente, gerando informações para a radioproteção de um setor de radiodiagnóstico.

Materiais e Métodos: O trabalho iniciou-se no desenvolvimento do código para automatização utilizando as funções da *Image Processing Toolbox* disponível no software MATLAB R2021A, seguiu-se o teste de funcionamento e compilação em um software executável e independente, e por fim extração das grandezas DGM, kV, mAs, DEP (dose de entrada na pele) e espessura de mama (além de informações como material do anodo, do filtro e presença de implantes) de imagens adquiridas no CDU (Centro de Diagnóstico da Unimed - Goiânia).

Resultados e Discussões: O código foi desenvolvido e testado com sucesso, sendo possível compilar um aplicativo que retorna informações em formato .xlsx (Excel) e .txt, e funciona com baixo custo de memória. Foi possível extrair, a priori, os dados de 30 imagens obtendo uma espessura de mama média de 58,32 mm e uma Dose Glandular Média de 10,05 mGy.

Conclusões: O aplicativo se mostrou relevante principalmente pelo potencial de análise de dados, podendo trabalhar rapidamente com um número indefinido de estudos Dicom, trabalho que anteriormente era feito manualmente com o auxílio do ImageJ. Além disso, é notável a relevância que a aquisição desses dados têm para a otimização da proteção radiológica dos pacientes, e o potencial do aplicativo em outras áreas do radiodiagnóstico além da mamografia.



Avaliação da exposição à radiação ionizante em uma equipe multidisciplinar em radiologia intervencionista cerebral

Matta, L.¹; Canevaro, L.²

^[1] Instituto de Física – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

^[2] Divisão de Física Médica - Instituto de Radioproteção e Dosimetria

Contato: lucascrmatta@gmail.com

Introdução: A radiologia intervencionista expõe a equipe médica às mais altas doses de radiação espalhada, por se tratar de um procedimento em que os profissionais atuam muito próximos do paciente. Esta pesquisa avaliou os níveis de exposição, nas regiões do tórax e extremidades, de indivíduos ocupacionalmente expostos (IOEs), em setor de hemodinâmica de hospital especializado em atenção neurocirúrgica de alta complexidade.

Materiais e Métodos: Contando com uma equipe multidisciplinar, foram acompanhados 160 procedimentos de arteriografia e embolização, durante 18 meses. Para monitorar as doses no tórax, envolvendo médicos e técnicos de radiologia, foram utilizados dosímetros de tempo real. Já para avaliar as doses nas extremidades, foram colocados dosímetros com tecnologia OSL (*Optical Stimulated Luminescence*), previamente calibrados, nas mãos e nos joelhos dos médicos operadores. A dose efetiva anual foi estimada com base no número de procedimentos que seriam realizados ao longo de um ano. Tendo como base o limite de dose anual, estabelecido pela Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, na NN 3.01, foi calculada a quantidade de procedimentos que cada profissional poderia realizar anualmente, sem ultrapassar esse limite.

Resultados e Discussões: Os valores médios da dose no tórax foram de 18 μ Sv e 58 μ Sv, para arteriografia e embolização. A estimativa anual para dose efetiva foi de 19 mSv para o médico e 1 mSv para o técnico, ambas fora do avental. Os valores médios das doses nas mãos e joelhos foram de 0,05 μ Gy e 0,14 μ Gy, para arteriografia, e 0,07 μ Gy e 0,17 μ Gy, para embolização.

Conclusões: Considerando as altas doses de radiação recebidas pelos profissionais, é necessário um monitoramento individual; a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs); e ações de educação continuada sobre o tema da proteção radiológica.



Avaliação da influência de alguns parâmetros de varredura em testes de controle da qualidade (CQ) em sistemas de ultrassom (US)

Leonel, P.Z.¹; Castro, J.C.O.¹; Nersissian, D.Y.¹

¹Instituto de Física (IF) – Universidade de São Paulo (USP)

Contato: zagopaulo38@gmail.com

Introdução: Argumenta-se que não há necessidade de testes de CQ de US, uma vez que o médico ultrassonografista detectará possíveis defeitos na qualidade da imagem durante uma varredura normal em paciente. Porém, isso não elimina a necessidade de testes de CQ periódicos nesses equipamentos. Para tal, em 2021, a ANVISA publicou a Instrução Normativa (IN) 96, que dispõe do conjunto de medições e a frequência mínima para a avaliação de US. Assim, este estudo teve como objetivo comparar resultados obtidos pelos CQs rotineiros em US, verificando a influência de alguns parâmetros de varredura.

Materiais e Métodos: Foram avaliados para este estudo três parâmetros de CQ: profundidade de penetração (1), uniformidade da imagem (2) e escala de contraste (3) em um US Canon Xario200G com um transdutor linear, utilizando um objeto simulador específico. As configurações de protocolo, tais como: faixa dinâmica, mapa de nível de cinza, potência, ganho e compensação de ganho de tempo (TGC) foram mantidos os mesmos em testes consecutivos avaliados em dois anos. Alterações nesses parâmetros também foram executadas, a fim de verificar seus impactos nos resultados.

Resultados e Discussões: A Tabela 1 apresenta os resultados para os três testes de CQ. Pelos resultados, observa-se que o comportamento da uniformidade e da escala de contraste foi crescente com o ganho. A profundidade de penetração diminuiu com o aumento da frequência, o que já era esperado. Desta forma, registrar os parâmetros de uso simplificará a configuração do US para realizar testes posteriores, garantirá a reprodutibilidade e reduzirá a variabilidade nos resultados do teste.

Tabela 1 – Resultados dos testes de CQ em US

Parâmetros constantes em dois anos (2021-22)		Alteração de parâmetros				
Frequência (MHz)	14		13	18	18M	
(1) Profundidade de penetração (mm)	50	45	65	45	40	
Ganho		93		80	90	100
(2) Uniformidade (dB)	-2,0	-2,1	-19,5	-2,5	-1,8	
(3) Escala de contraste (sinal)	-6 dB	22,9	24,7	0	25,8	59,9
	-3 dB	46,9	43,1	14,4	48,2	91,2
	3 dB	78,7	74,1	41,1	80,6	137,7
	6 dB	129,6	125,7	73,1	125,4	188,9

Conclusões: Enfatiza-se que as medições são dependentes dos parâmetros ajustados do US. Se configurações diferentes forem empregadas, os resultados podem não ter sentido, visto que as comparações são realizadas a partir dos valores de referência ou de linha de base. Além disso, durante os testes de CQ, deve-se vincular o transdutor específico ao US que será utilizado, para garantir a reprodutibilidade ao longo dos anos.

Referências bibliográficas

BRASIL. Ministério da Saúde. ANVISA. Instrução Normativa - IN nº 96, de 27 de maio de 2021. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 06 de jul. de 2022. Seção 1, p.268.

Avaliação da melhoria da qualidade das imagens de dupla-energia em mamografia realçada por contraste

H S Gomes, M.¹; Tomal, A¹.

Instituto de Física Gleb Wataghin – Universidade Estadual de Campinas

Contato: mariannehedder@gmail.com

Introdução: A mamografia realçada por contraste (CEDM) possui sensibilidade e especificidade superiores à mamografia digital. Nesse trabalho, o método Monte Carlo foi utilizado para simular a aquisição de imagens em mamografia e CEDM por dupla energia, visando quantificar as diferenças entre essas tecnologias.

Materiais e Métodos: O código PENELOPE (v. 2018) + PenEasy (v. 2019) foi utilizado para a simulação dos exames de imagens, considerando *phantoms* de mama homogêneos e antropomórficos. As lesões foram compostas de tecido glandular ou solução de contraste iodado. A imagem em CEDM foi processada a partir da subtração logarítmica¹ das imagens produzidas com os espectros de W/Rh com 31 kV e W/Cu e 49 kV.

Resultados e Discussões: A Figura 1 ilustra imagens de mamografia e de subtração em CEDM para um *phantom* antropomórfico. No caso homogêneo, em lesões de diferentes concentrações de Iodo, as razões contraste-ruído e sinal-ruído nas imagens de CEDM variaram de 0.1-2.5 e 16-18; e em mamografia, razões iguais a 0.991 e 6.89 foram obtidas.

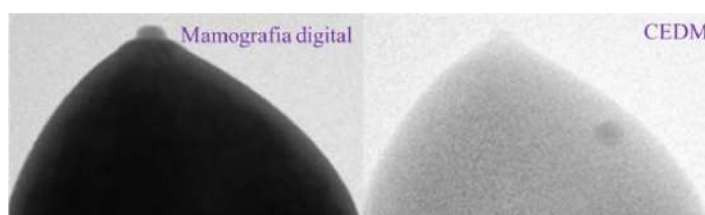


Figura 1: Resultado das imagens de mamografia e CEDM para a mama antropomórfica.

Conclusões: Uma melhoria significativa da qualidade da imagem é observada em CEDM, e o grau de realce das imagens depende da glandularidade da mama e a concentração do meio de contraste usado.

Referências bibliográficas

1. Puong S., *et al.*: Dual-energy contrast Enhanced digital mammography using a new approach for breast tissue canceling. **Medical Imaging 2007: Physics of Medical Imaging**, v. 6510H



Avaliação da periodicidade do teste de qualidade da imagem em mamografia digital

Catusso, L.¹; Mantovani, D.²; Silva, I.; Garrafiel, F.³, A., Michele⁵

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica, Faculdade de Engenharia Elétrica - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil

²Programa de Pós-Graduação em Radiologia, Faculdade de Medicina – Universidade de São Paulo, SP, Brasil

³Programa de Residência Multiprofissional e Uniprofissional da Saúde – Universidade Pontifícia Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

⁴Hospital São Lucas da PUCRS, Porto Alegre, RS, Brasil

⁵Escola Politécnica da PUCRS, Porto Alegre, RS, Brasil

Contato: leonardo.catusso@edu.pucrs.br

Introdução: O exame de mamografia tem como objetivo observar pequenas calcificações e massas que podem ser sinais de patologias. A RDC n° 611 através da IN n° 92 faz a exigência do teste de qualidade da imagem para a mamografia com periodicidade diária. A avaliação diária da qualidade é importante, mas gera exposição ao executor do teste e um desgaste ao equipamento. O objetivo do trabalho é avaliar as diferenças estatísticas entre os resultados de qualidade da imagem para as avaliações diárias e semanais.

Materiais e Métodos: Foram coletados dados retrospectivos dos testes diários de qualidade da imagem com o simulador de mama do ACR para mamografia de um equipamento Selenia Dimensions –Hologic com sistema digital. Foi realizado uma análise de teste-t de Student para avaliar a variação do teste de qualidade da imagem entre dois grupos: grupo do teste sendo realizado diariamente e semanalmente.

Resultados e Discussões: O teste realizado diariamente apresentou dados sem uma variação estatística relevante. Para as fibras, microcalcificações e massas o p-valor foi 0.72, 0.60 e 0.48 respectivamente.

Conclusões: Foi observado que não houve diferença estatística significativa entre as avaliações diárias e semanais. A baixa variação estatística do teste diário pode indicar uma estabilidade, além disso, protocolos indicam que a periodicidade desse teste é semanal sistema. Mais equipamentos com detectores CR e DR devem ser avaliados para que conclusões definitivas possam obtidas.

Avaliação de curvas características de sistemas eletrônicos de aquisição de imagens digitais em mamografia digital

Paiva Santos, Carolina; Schiabel, Homero

Departamento Engenharia Elétrica e de Computação – Escola de Engenharia de São Carlos/USP, São Carlos (SP)

Contato: carolinapsantos@usp.br

Introdução: O contraste se destaca entre os fatores que afetam a detecção e classificação de lesões suspeitas em uma imagem mamográfica. Conhecer como se comporta a curva característica do sistema de registro - relacionando sua resposta com a intensidade de radiação incidente – é relevante para análise desse contraste, pois pode permitir elaborar ferramentas computacionais para melhoria da qualidade da imagem. Este trabalho propõe uma investigação dos atuais sistemas eletrônicos de registro da imagem mamográfica digital a fim de determinar suas curvas características visando à posterior elaboração de ferramentas computacionais que auxiliem na melhoria da qualidade da imagem gerada por sistemas mamográficos CR ou DR.

Materiais e Métodos: A parte experimental consistiu na exposição de um simulador antropomórfico de mama Nuclear Associates modelo 18-226, para analisar a imagem de uma escada de alumínio e obter uma escala de níveis variados de intensidade de cinza produzindo a curva característica do sistema de registro. Os testes envolveram um CR (mamógrafo LORAD M IV + sistema CR AGFA 85), e equipamentos DR da GE (um Senographe 2000D e um Essential), e da Hologic (um Selenia e um Dimensions).

Resultados: Curvas características resultantes desses testes são apresentadas na Fig. 1.

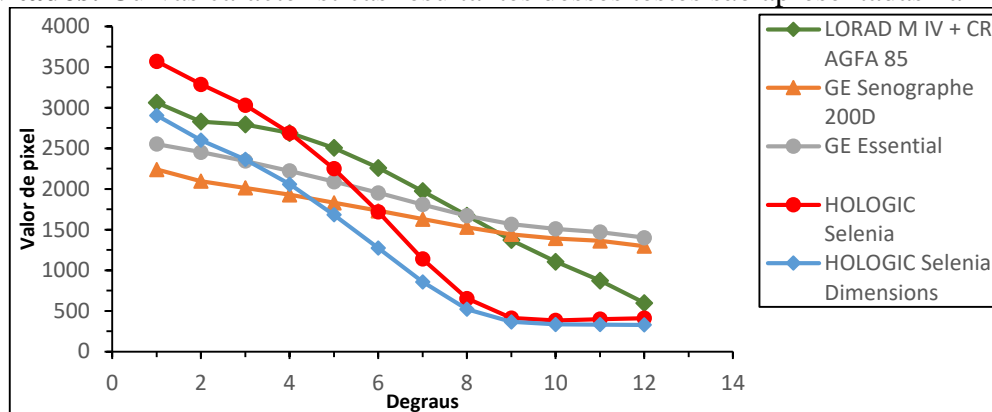


Fig. 1: Curvas características de diversos sistemas eletrônicos de registro.

Conclusões: A partir dos resultados obtidos é possível notar que os sistemas eletrônicos de registro para a imagem mamográfica digital possuem curvas características com comportamentos diferentes e até mesmo entre modelos do mesmo fabricante, o que nos permite observar as diferenças de qualidade de contraste na imagem apresentada para o laudo radiológico, o que pode afetar inclusive o diagnóstico. O resultado da Fig. 1, portanto, é essencial para uma próxima etapa do trabalho, que consistirá no desenvolvimento de uma ferramenta computacional que possibilite “corrigir” eventuais deficiências identificadas no contraste da imagem mamográfica digital com base numa curva de referência.



Avaliação de materiais de impressão 3D para fabricação de simuladores de mama usando método Monte Carlo

Boiset G. R.¹; Moratta R.¹; Rosinelli R. R.¹; Yoshimura E. M.¹; Costa P. R.¹

¹Departamento de Física Nuclear – Instituto de Física, Universidade de São Paulo

Contato: gisell@if.usp.br

Introdução: Objetos simuladores (*phantoms*) de mama, fabricados com materiais equivalentes a tecidos (TEMs), representam ferramentas fundamentais destinadas a procedimentos de garantia de qualidade, dosimetria e pesquisa. O presente trabalho visa usar cálculos de Monte Carlo (MC) para avaliar diferentes materiais de impressão 3D como substitutos do tecido glandular, que podem ser usados para a fabricação de *phantoms* físicos para mamografia e tomossíntese digital de mama.

Materiais e Métodos: Usando a plataforma GATE (*Geant4 Application for Tomographic Emission*) desenvolvemos um código MC que reproduz as investigações mamográficas, com as mesmas suposições de geometria usadas para fins de validação no *AAPM Task Group 195* caso 3. As simulações foram realizadas usando um espectro Mo/Mo 30 kVp (RQR-M3). O *phantom* digital de mama foi modelado como um semi-cilindro com uma camada externa de pele, enquanto a parte interna é uma mistura homogênea de tecido adiposo e glandular. Os substitutos do tecido glandular foram pesquisados a partir de materiais comerciais de impressão 3D de baixo custo (ABS, PLA, PET-G, TPU e HIPS). Após avaliar a dose glandular média (DGM) usando cada material, buscamos aquele que apresentasse maior similaridade de DGM com a do tecido real.

Resultados e Discussões: Os resultados das simulações mostraram pouca diferença na DGM para cada tipo de filamento ficando na faixa de $(8,69 - 8,75) \times 10^{-11}$ mGy por fóton, com diferença percentual média de aproximadamente 3,1%. Dentre os filamentos analisados, o TPU apresentou a DGM que mais se aproximou da do tecido da glândula mamária, diferindo em aproximadamente 2,7 %.

Conclusões: O estudo mostra a possibilidade de fabricar *phantoms* físicos de mama usando materiais acessíveis e mais econômicos em comparação com os TEMs disponíveis comercialmente. Este foi um estudo preliminar, análises utilizando diversas glandularidades e *phantoms* considerando o tecido glandular e adiposo separadamente serão realizados.



Avaliação de processo de otimização de protocolo tomográfico para exames de crânio rotina em um Hospital Universitário

Amorim, Priscila.¹; Jornada, Tiago.²; Campos, Laelia.¹, Nascimento, Divanizia.¹

¹Departamento de Física – Universidade Federal de Sergipe

²Hospital das Clínicas – Universidade Federal de Pernambuco

Contato: priscilaamorim@academico.ufs.br

Introdução: O crescimento do emprego da tomografia computadorizada (TC) tem resultado em maior preocupação sobre as exposições à radiação decorrentes dos exames de TC. Para garantir a qualidade das imagens e reduzir as doses em TC, busca-se otimizar as exposições com o uso de protocolos otimizados. O objetivo deste trabalho é apresentar um processo de otimização de protocolo de CT de crânio em um Hospital Universitário.

Materiais e Métodos: A avaliação da otimização do protocolo rotina considerou o índice de dose na TC ($CTDI_{vol}$) e o contraste sinal-ruído (CNR) de exames realizados em phantom CT ACR com um tomógrafo Toshiba modelo Aquilion64 TXS-101^a. Nos testes foi utilizada uma colimação de 0,50 x 64 mm e tensão de 120 kVp.

Resultados e Discussões: Foram realizados seis testes de otimização com parâmetros distintos (Tabela 1). A otimização 2 foi a escolha inicial para a rotina clínica, mesmo tendo um valor de CNR menor em comparação à otimização 4, isso porque o valor de $CTDI_{vol}$ da otimização 2 não apresentou redução drástica, o que contribui para manter a qualidade da imagem clínica.

Tabela 1: Resultados das otimizações no protocolo original

Otimização	Pitch	$CTDI_{vol}$	mA	kV	CNR	Ruído
1	0,65	78,29	250	120	1,99	29%
2	0,65	56,39	180	120	1,54	32%
3	0,84	60,89	180	120	1,79	22%
4	0,84	43,79	180	120	1,82	35%
5	0,84	36,5	150	120	1,76	64%
6	0,65	47	150	120	1,87	12%

Conclusões: Os resultados indicam que reduzindo o valor de $CTDI_{vol}$ e mA o valor do CNR diminui, sem afetar negativamente a interpretação clínica da imagem, sendo uma estratégia efetiva na redução da exposição à radiação do paciente.



Avaliação do desempenho de uma câmara monitora em feixes de referência para radiodiagnóstico

Ufala, I. D.; Santos, L. C.; Potiens M. P. A.

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares IPEN – CNEN/SP

Contato: ildo.d@ipen.br; Leonardo.c-riominas@ipen.br; mppalbu@ipen.br,

Introdução: O Laboratório de Calibração de Instrumentos, LCI, do IPEN possui arranjos e sistemas de irradiação para a realização a calibração de instrumentos medidores de radiação. Para a utilização de feixes de radiação X, estes arranjos possuem uma câmara de ionização monitora, cuja função é permitir a correção de um resultado de uma medição qualquer pela sua medição. Isto ocorre porque elas são fixas e cobrem todo o feixe de radiação. Elas não precisam, necessariamente, de calibração, porém é necessário conhecer muito bem suas características e seu desempenho. O objetivo deste trabalho é analisar o desempenho da câmara de ionização de transmissão utilizada no LCI para os feixes de radiação recomendados para radiodiagnóstico.

Materiais e Métodos: O sistema de calibração do LCI utilizado é composto por um equipamento de radiação X, um sistema de medição de referência com certificado de calibração do PTB e uma câmara de ionização de transmissão PTW. Os feixes de radiação testados foram os recomendados pela norma IEC 61267 para feixes diretos (RQR) e atenuados (RQA). A tensão aplicada ao tubo variou de 50 a 150 kV com corrente de 10 mA em todos os casos e as medições foram realizadas em carga (nC).

Resultados e Discussões: Os resultados obtidos com a câmara monitora em comparação com os feixes de referência estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Carga coletada pela câmara monitora, Q_M , nos feixes de referência para radiodiagnóstico. \dot{K}_{ar} = Taxa de kerma no ar

Feixes diretos			Feixes atenuados		
Qualidade	\dot{K}_{ar} (mGy/min)	Q_M (nC)	Qualidade	\dot{K}_{ar} (mGy/min)	Q_M (nC)
RQR 3	$22,4 \pm 0,16$	$37,67 \pm 0,005$	RQA 3	$1,63 \pm 0,011$	$4,35 \pm 0,016$
RQR 5	$38,6 \pm 0,27$	$68,17 \pm 0,024$	RQA 5	$1,56 \pm 0,011$	$4,55 \pm 0,001$
RQR 8	$69,3 \pm 0,49$	$122,6 \pm 0,05$	RQA 8	$2,55 \pm 0,018$	$7,37 \pm 0,001$
RQR 10	$120 \pm 0,84$	$208,2 \pm 0,04$	RQA 10	$5,65 \pm 0,040$	$16,9 \pm 0,01$

Conclusões: Os resultados obtidos com a câmara monitora demonstra sua adequação para ser utilizada como um padrão de trabalho nas calibrações a serem realizadas.



Avaliação dos Testes de Controle da Qualidade em Equipamentos de Ressonância Magnética conforme a Instrução Normativa 97

Gonçalves, Thayana M.¹; Pacifico, Leonardo C.¹; Magalhães, Luis Alexandre G.¹

1- Departamento de Ciências Radiológicas – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Contato: thayanamartins.lcr@gmail.com

Introdução: Recentemente a Agência Nacional de Vigilância Sanitária publicou a RDC No 611/22 e a IN 97, sendo suma importância devido ao impacto do avanço tecnológico em ressonância magnética. Esse trabalho tem como objetivo analisar os testes de controle da qualidade, sendo eles: distorção geométrica, resolução espacial de alto contraste, espessura de corte, posição de corte, uniformidade de imagem, detecção de objetos de baixo contraste e percentual de artefatos da qualidade, seguindo as especificações da IN 97. Promovendo assim, um processo de otimização e qualidade da imagem, mitigando os riscos de eventos adversos relacionados a seus procedimentos em conformidade com a normativa.

Materiais e Métodos: Foram avaliados em 5 equipamentos de ressonância magnética de campo magnético de 1,5 tesla, com protocolo de parâmetros de aquisição de imagem utilizado e o simulador para a realização dos testes foram os recomendados pelo American College of Radiology (ACR). Foram avaliadas as conformidades dos testes em relação ao nível de tolerância especificado na IN 97.

Resultados e Discussões: Dos cinco equipamentos avaliados, somente um equipamento obteve não conformidade nos testes de exatidão geométrica e exatidão na posição do corte, todos os demais apresentaram conformidade. É indeclinável a avaliação periódica do equipamento, para a qualidade, agilidade e preservação dos resultados de avaliação médica.

Conclusões: Esse estudo mostrou que 20% dos equipamentos analisados apresentou algum tipo de não conformidade em testes de controle da qualidade no equipamento de ressonância magnética, segundo a IN 97. É de suma importância a realização dos testes de controle da qualidade para que não se passe despercebido erros na aquisição de imagem, podendo contribuir assim para um diagnóstico não preciso.

Caracterização de possíveis materiais tecido-equivalentes à mama usando espectrometria de raio-x

MAGALHÃES, F.G.P.¹; AZEREDO, J.S.¹; SANTOS, J.C.¹

¹Instituto de Física – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

Contato: fernandagouveiapm@gmail.com

Introdução: A caracterização de materiais tecido-equivalentes é importante para o desenvolvimento de objetos simuladores para diversas aplicações na Física Médica. O objetivo desta pesquisa é caracterizar materiais de impressão 3D na faixa de energia de mamografia em busca de materiais tecido-equivalentes a tecidos mamários.

Materiais e Métodos: Espectros incidentes e transmitidos por 5 espessuras de materiais de impressão 3D e resinas foram medidos a fim de determinar os coeficientes de atenuação linear dos materiais para as energias do feixe. Os resultados foram comparados com valores de referência para os tecidos mamários apresentados na literatura.

Resultados e Discussões: O gráfico de comparação entre os μ/ρ do alumínio (experimental e teórico) apresentam boa concordância qualitativa (Figura 1.A). O material TBP (Figura 1.B) possui o valor de coeficiente mássicos de atenuação linear próximo ao do tecido adiposo.

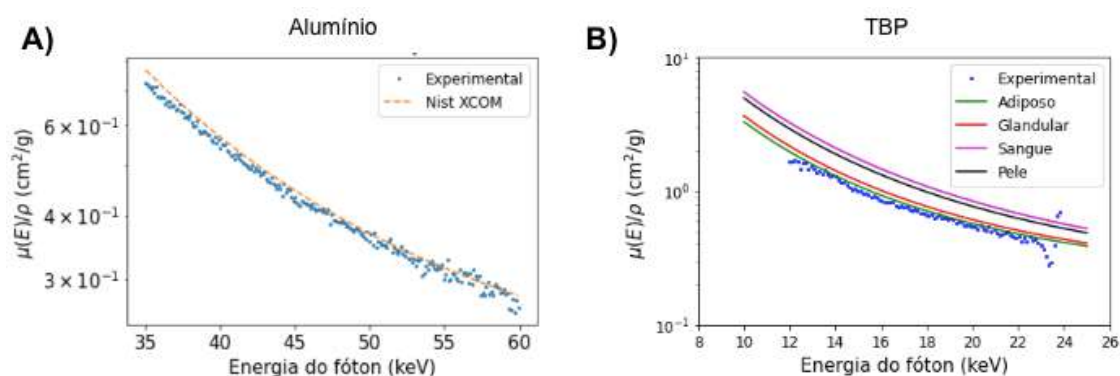


Figura 1: (A) Validação do método com os valores de μ/ρ experimentais e de referência para o alumínio. (B) Análise qualitativa entre μ/ρ experimental do TBP e os valores teóricos dos tecidos mamários.

Conclusões: O TBP pode ser um possível candidato para ser o substituto do tecido adiposo. O método foi validado a partir da análise feita com alumínio, mas aumentar a quantidade de contagens nos espectros pode melhorar a precisão da análise.



Caracterização de sistemas de mamografia digital CR e DR indireto usando combinação anodo/filtro de W/Ag

Perez, A.M.M.M.¹; Lopes, L.A.S.²; Poletti, M.E.³

Departamento de Física – Universidade de São Paulo

Contato: alessamm@usp.br

Introdução: Novos equipamentos de mamografia digital disponibilizam combinações anodo/filtro adicionais, possibilitando a geração de diversos espectros, com implicações na qualidade de imagem e na dose. Recentemente, foi introduzido no mercado o sistema Planmed DR, que dispõe de anodo/filtro de W/Ag e detector indireto (cintilador). Usualmente esse tipo de espectro é empregado com detectores diretos (aSe). Neste trabalho foram caracterizados fisicamente sistemas de mamografia digital CR e DR indireto usando a combinação anodo/filtro W/Ag. Os resultados obtidos foram comparados com dados da literatura para um sistema DR direto.

Materiais e Métodos: A caracterização foi feita em termos da função resposta, da função transferência de modulação (MTF), do espectro de potência de ruído (NPS) e da eficiência quântica de detecção (DQE). Foi usado um tubo Planmed Clarity, que dispõe de anodo de W e detector DR (CsI/aSi). Adicionalmente, foram feitas medidas usando um detector CR Carestream EHR-M3. A qualidade de feixe 28 kV W/Ag foi usada, num intervalo de 30 a 900 μ Gy, seguindo o protocolo EUREF (2013).

Resultados e Discussões: O detector CR apresentou uma resposta logarítmica e o DR apresentou resposta linear no intervalo de Kerma avaliado. Ao comparar o desempenho dos detectores, foram obtidos valores superiores de DQE para o detector cintilador, seguido do detector DR direto e, por último, o detector CR. O detector CR apresentou DQE similar à obtida com um feixe de Mo/Mo, combinação comumente usada com esse tipo de detector.

Conclusões: Para a combinação W/Ag o detector cintilador apresentou melhor desempenho em termos de DQE, seguido do detector DR direto e, por último, o detector CR. Entretanto o CR apresentou um desempenho similar ao obtido com combinação Mo/Mo.

Comparativo de energia depositada em diferentes composições de mama com simulação de Monte Carlo

Miranda, G.¹; Camargo, A.²; Cerqueira, J.³

Instituto de Física – Universidade Federal do Rio Janeiro

Contato: gabrielqmiranda@gmail.com

Introdução: Este trabalho tem como objetivo fazer a comparação da energia depositada em diferentes composições de mama disponíveis na literatura utilizando simulações de Monte Carlo.

Materiais e Métodos: Foram utilizados como base 4 artigos no qual se disponibilizava a composição mamária utilizada, considerando como referência para as comparações a composição usadas no Task Group 195 da AAPM. Também utilizaram-se os códigos de Monte Carlo MCNPX e PENELOPE/PenEasy para uma intercomparação de resultados.

Resultados e Discussões: Observamos que cada composição forneceu um valor de energia depositada diferente, possivelmente por causa da diferença das composições mamárias e da diferença de funcionamento dos simuladores utilizados.

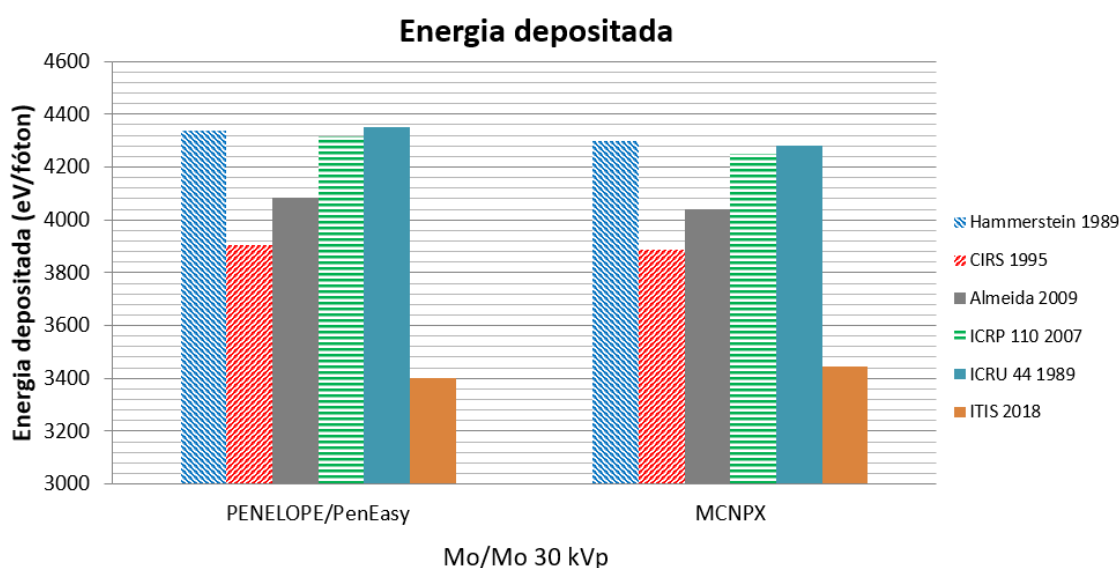


Figura 1: Energia Depositada

Conclusões: Concluímos que, dependendo das composições mamárias adotadas, as simulações de dosimetria em mamografia podem apresentar valores bastante diferentes. As composições adotadas pela ICRU 44 e ICRP 110 resultam em valores de energia absorvida mais próximos do valor de referência nas simulações.

Referências bibliográficas:

SECHOPOULOS, Ioannis et al. AAPM Research Committee Task Group 195. **Medical physics**, v. 42, n. 10, p. 5679-5691, 2015.



Controle de Qualidade de Transdutores Lineares e Convexos em Ultrassonografia

Neczypor, Maria.¹; Real, Jessica.^{1,2}; Maltez, Anna.¹

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica - Universidade Tecnológica
Federal do Paraná

Unidade de Diagnóstico por Imagem, Complexo Hospital de Clínicas da Universidade
Federal do Paraná

Contato: maria.neczypor9@gmail.com

Introdução: As imagens ultrassonográficas que não possuem qualidade diagnóstica adequada dificultam o laudo pelo especialista médico, podendo ocasionar falsos diagnósticos, uma vez que artefatos produzidos podem simular ou mascarar informações relevantes na imagem. Portanto, a garantia de qualidade e consequentemente o controle de qualidade do equipamento de ultrassonografia, em especial dos transdutores ultrassonográficos é fator importante e obrigatório para o adequado diagnóstico.

Materiais e Métodos: neste estudo foram avaliados os transdutores lineares e convexos utilizados na rotina de exames de um hospital universitário de grande porte, localizado na cidade de Curitiba-PR. Foram utilizados nove transdutores, sendo três convexos e quatro lineares. Para realizar estas avaliações utilizou-se como critério os parâmetros fornecidos pela Instrução Normativa brasileira N° 96 e pelo *Report* N° 65 da AAPM. Foram realizados os testes de uniformidade da imagem, zona morta, profundidade de penetração, zona focal, exatidão da medida da distância vertical e horizontal, resolução axial e lateral, visualização de objetos anecoicos e limiar de sensibilidade a baixo contraste com periodicidade de aceitação, anual ou quando houver reparos. Os indicadores de qualidade foram testados com o simulador “*Multi-purpose Multi-tissue*”, modelo 040GSE, da empresa *Computerized Imaging Reference Systems – CIRS*.

Resultados e Discussões: Através destes testes foi possível identificar que dois transdutores apresentaram imagens de baixa qualidade sendo necessário realizar substituição ou manutenção.

Conclusões: Com este trabalho também foi possível estabelecer a linha de base para testes futuros e estabelecer metodologias para os testes de controle de qualidade em transdutores lineares e convexos.



CONTROLE DE QUALIDADE EM EQUIPAMENTOS DE HEMODINÂMICA EM FACE DA INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 91 DE 27 DE MAIO DE 2021

Anzola, C.¹; Pinho, E.².

Departamento Física – Universidade Federal do Amazonas¹.

Contato: carlosssse@gmail.com¹, eleonilsonpinho@hotmail.com².

Introdução: Ministério da Saúde - MS Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN Nº 91, DE 27 DE MAIO DE 2021 (ANVISA, IN Nº 91, 2021) estabelece todos os parâmetros mínimos necessários para garantir o correto funcionamento destes equipamentos, resumindo-se a norma em dois conjuntos de testes: Os controles de qualidade e os testes de aceitação dos equipamentos de radiologia intervencionista, padronizando assim os testes a realizar, sua periodicidade, tolerância e níveis de restrição destes equipamentos.

Materiais e Métodos:

O equipamento avaliado nesta pesquisa foi um equipamento de hemodinâmica, marca Philips, modelo: Allura Xper FD10. Os equipamentos utilizados para a medição foram: RaySafe xi, modelo xi; Sensor: R/F, Sensor: Survey detector; certificado de calibragem: LABPROSAUD-C087-22 e o Phantom: Baixo, alto contraste e perpendicularidade do feixe; Modelo: RF-DIGI; Marca: Konex.

Resultados e Discussões: Nos parâmetros de qualidade da imagem, o equipamento apresentou todos os requisitos aceitáveis. Foram calculados os valores de exatidão do kV obtendo-se o resultado de 0,98%, a reprodutibilidade do kV obtendo-se como resultado de 2,62%, foram medidos os valores da camada semi-redutora HVL com um valo mínimo de (CSR) 3,1, a taxa máxima do kerma em ar foi de 36,69 mGy/m e os valores de referência para os modos de dose baixo e alta obtendo uma razão das doses de 0,5.

Conclusões: O equipamento analisado nesta pesquisa, atende todos os requisitos recomendados nas normativas aplicadas, o que nos permite concluir, a importância da realização do controle de qualidade nos equipamentos de hemodinâmica, sendo fator indispensável para garantir a eficiência dos procedimentos e a segurança dos indivíduos expostos e do ambiente.

DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS RADIOLOGICAMENTE EQUIVALENTES AO TECIDO ÓSSEO

da Silva, G.F.P.¹; Boiset, G.R.¹; Moratta, R.¹; Costa, P.R.

Departamento de Física Nuclear – Universidade de São Paulo

Contato: freiregustavo@usp.br

Introdução: O objetivo desse trabalho foi o desenvolvimento de materiais radiologicamente equivalentes ao tecido ósseo humano, separado em Cortical, Esponjoso, Medula Vermelha e Medula Amarela, para o estudo de dose de pacientes, no intervalo de energias de radiação utilizadas em diagnóstico por imagens, entre 20 e 150 keV.

Materiais e Métodos: O coeficiente de atenuação linear $\mu(E)$ foi estimado medindo espectros primários e transmitidos utilizando um tubo de raios X modelo Philips MG450, um suporte para amostra e um espectrômetro de Telureto de Cádmio (XR-100T). Ao todo foram testadas 11 amostras com composições químicas baseadas em resina Epóxi e aditivos de MgO, TiO₂, CaCO₃, NaCl, CaO, e outras duas amostras, uma a base de gesso e a outra a base de plástico ABS, e seus $\mu(E)$ foram comparados com os tecidos de interesse.

Resultados e Discussões: A melhor compatibilidade foi exibida pela amostra 31ReTM, compatível com a Medula Vermelha entre 15 e 120 keV. O Tecido Cortical só é simulado por uma amostra em uma faixa de energia pequena (Tabela 1).

Tabela 1: Faixa de energia em que cada amostra apresentou equivalência ao tecido alvo.

Amostra	Tecido Alvo	Faixa de Energia (keV)	Amostra	Tecido Alvo	Faixa de Energia (keV)
29ReAg	Medula Vermelha	20 - 90	CB2	Esponjoso	40 - 50
	Medula Amarela	110 - 150			
29ReMa C7030	Medula Vermelha	75 - 110	CB3	Cortical	35 - 55
	Medula Amarela	15 - 90		Esponjoso	65 - 80
	Esponjoso	115 - 150			
29ReTM	Medula Vermelha	90 - 130	CB4	Esponjoso	35 - 45
	Medula Amarela	35 - 115			
31ReAg	Medula Vermelha	25 - 40 & 80 - 120	CB5	Esponjoso	50 - 65
	Medula Amarela	35 - 100			
31ReTM	Medula Vermelha	15 - 120	YM1	Medula Vermelha	65 - 70
	Medula Amarela	55 - 100		Medula Amarela	32 - 40
33ReAg	Medula Vermelha	25 - 125	47MA7	Medula Vermelha	25 - 115
	Medula Amarela	60 - 105		Medula Amarela	45 - 100
33ReTM	Medula Vermelha	20 - 50 & 85 - 125			
	Medula Amarela	40 - 110			

Conclusões: O estudo mostra a possibilidade de desenvolvimento de materiais radiologicamente equivalentes ao tecido ósseo a partir de materiais econômicos. Todas as amostras analisadas simularam ao menos um tecido presente no osso humano.



Desenvolvimento de Objetos Simuladores Antropomórficos de Mama Utilizando Técnicas de Manufatura Aditiva

Moratta R.¹; Boiset G. R.¹; Rosinelli, R. R.¹; Tomal, A.²; Costa P. R.¹.

¹ Instituto de Física - Universidade de São Paulo

² Instituto de Física Gleb Wataghin - Universidade Estadual de Campinas

Contato: rmoratta@usp.br

Introdução: Objetos simuladores (*phantoms*) são usados em controle de qualidade e dosimetria de procedimentos de diagnóstico por imagem. A impressão 3D possibilita a fabricação destes objetos com estruturas anatômicas complexas para avaliação de qualidade de imagem e otimização de protocolos. Neste trabalho foi estudada a viabilidade de produção de *phantoms* de região mamária com tecnologia 3D, através da segmentação de imagens médicas baseadas em pacientes e modelos computacionais.

Materiais e Métodos: Imagens de tomografia mamária (bCT) foram segmentadas utilizando o software 3D Slicer. Os modelos computacionais da região mamária foram criados através do software VICTRE, desenvolvido pelo U.S. *Food and Drug Administration* (FDA) selecionando a glandularidade e a espessura de compressão a iguais às dos modelos baseados em pacientes. Os *phantoms* foram impressos em ácido polilático (PLA) através da impressora Anet, ET5.

Resultados e Discussões: As ferramentas de segmentação do software 3D Slicer são adequadas para a modelagem das imagens da região mamária baseadas em paciente, bem como a modelagem dos modelos computacionais. Proporcionando a produção de *phantoms* 3D de mama com formato e glandularidade variados. Além disso, as imagens de mamografia dos *phantoms* apresentam similaridade às imagens baseadas em paciente e também as computacionais, em termos de contraste.

Conclusões: Este estudo mostra o potencial da tecnologia de manufatura aditiva para produção de *phantoms* antropomórficos da região mamaria, e destaca a importância da investigação do tecido mamário com diferentes características.

Desenvolvimento de um protótipo semiautomatizado para posicionamento de filtros para calibração em sistemas de radiação X

Almeida Junior, J.N.¹; Potiens, M.P.A.¹; Rodrigues Junior, O.¹

¹ Centro de Metrologias das Radiações – IPEN, Universidade de São Paulo (USP/SP)

Contato: jneresjr@gmail.com

Introdução: Para calibração de equipamentos utilizados em sistemas de radiação X (radioproteção, radiodiagnóstico e radioterapia) é necessário um sistema adequado de posicionamento de filtros de radiação que compõem uma qualidade de radiação de referência. Com objetivo de aperfeiçoar o *setup* utilizado nos procedimentos de calibração de instrumentos medidores de radiação utilizados em processos de radioterapia, radioproteção e radiodiagnóstico no Laboratório de Calibração de Instrumentos do Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares (IPEN-CNEN), se faz necessário desenvolvimento de sistema confiável de posicionamento da respectiva filtração. O projeto visa adicionar um novo sistema de filtração para aumentar a capacidade existente da roda de filtros e adaptá-la a novos arranjos.

Materiais e Métodos: Foi desenvolvido um sistema gaveta/porta-filtro em filamento PLA com impressão 3D, ajustando parâmetros para melhor precisão. A identificação do filtro é realizada com micro chaves e microprocessador Arduino, integrando ao sistema de controle da roda de filtro do laboratório. Com o sistema gaveta/porta-filtro, cria-se uma metodologia para calibrar medidores de produto kerma-área (PKA), identificando filtros e caracterizando feixes de radiação.

Resultados e Discussões: O sistema pode ser adaptado para outros arranjos de filtros e será usado para medir o (PKA) instrumento de referência, considerando as características de cada equipamento de raios-X.

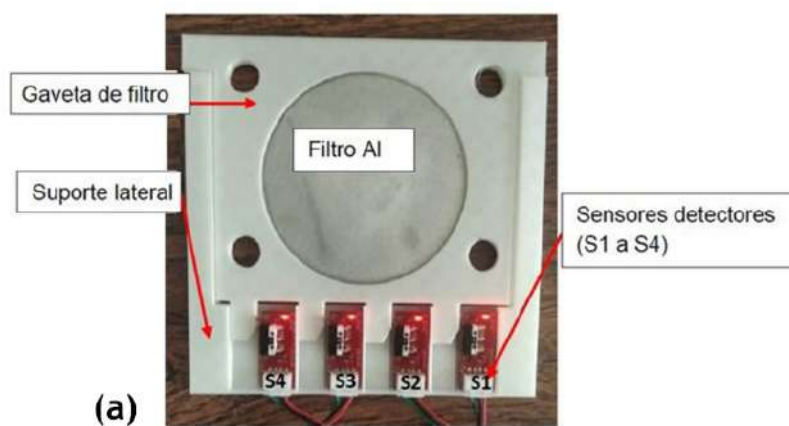


Figura 1: (a) Protótipo criado e o acionamento dos sensores utilizados para identificação.

Conclusões: O sistema porta-filtros será utilizado para calibrar medidores de PKA e PDC em equipamentos de radiologia, e com os arranjos experimentais do laboratório sendo simulados utilizando o código TOPAS, pretendemos validar o sistema por meio do Método de Monte Carlo, para avaliar grandezas e a dependência energética.



Desenvolvimento de um Simulador Multimodalidade para Avaliação Rotineira da Qualidade de Imagens Radiológicas

Dias, T.S.¹; Pimentel, R.B.²; Freitas, M.B.^{1,2,3}

¹Mestrado Profissional Interdisciplinar em Inovação Tecnológica (PIT) - UNIFESP

²Programa de Residência em Área Profissional de Física Médica – UNIFESP

³Departamento de Biofísica da Escola Paulista de Medicina - UNIFESP

Contato: thisouzadias@hotmail.com

Introdução: A incorporação de novos testes e de novas modalidades na legislação impactaram os serviços radiológicos, gerando uma demanda por simuladores de qualidade de imagem que permitam a avaliação rotineira dos novos parâmetros. O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um simulador de baixo custo e compacto para avaliação rotineira de imagens radiológicas nas modalidades de radiologia convencional, fluoroscopia, mamografia e tomografia computadorizada.

Materiais e Métodos: Um protótipo do simulador multimodalidade foi fabricado, utilizando técnicas de usinagem e impressão 3D de diferentes materiais. Os resultados preliminares dos testes de avaliação de qualidade imagem nas diversas modalidades exigiram o estudo de novos materiais e fabricação de diferentes *inserts* para a melhoria dos parâmetros avaliados, principalmente nas modalidades de mamografia e tomografia computadorizada.

Resultados e Discussões: O protótipo desenvolvido permitiu a avaliação dos principais testes de qualidade de imagem para cada modalidade, apresentando baixo custo de fabricação, um valor de R\$ 355,99 em gastos com materiais, e um tamanho compacto, com diâmetro e altura de 20 cm e 4 cm respectivamente. As melhorias implementadas permitiram a determinação de uma ampla faixa de valores de número CT (-994 à -55), no caso da tomografia, bem como de microcalcificações, fibras e massas de diferentes tamanhos para a mamografia.

Conclusões: O protótipo do simulador multimodalidade e as melhorias implementadas mostraram resultados promissores para a utilização deste dispositivo como ferramenta de teste específica para avaliação rotineira da qualidade das imagens radiológicas em diferentes modalidades, atendendo aos novos requisitos da ANVISA (RDC 611 e as respectivas Instruções Normativas).

Detecção Automática de Artefatos em Imagens de Ressonância Magnética

Aureliano, M. A. S.¹; Marques, T. G. S.¹; Leite, H. C.¹; Rosa, A. A.¹; Redondo, A. C. A.²; Alvarez, M.³; Pina, D. R.⁴

¹Residência em Física Médica, Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP; ²Instituto de Biociências, UNESP; ³Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP;

⁴Departamento de Infectologia, Dermatologia, Diagnóstico por Imagem e Radioterapia, Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP.

Contato: marcos.aureliano@unesp.br

Introdução: As imagens de ressonância magnética podem ser afetadas por vários tipos de artefatos, que comprometem a eficácia dos diagnósticos. Neste estudo foi desenvolvido um sistema de detecção automática de artefatos de ressonância magnética (RM), usando uma combinação selecionada de Métricas de Qualidade de Imagem (MQIs) e redes neurais.

Materiais e Métodos: MQIs foram aplicadas na avaliação de 430 exames de RM de encéfalo, ponderadas em T2, e previamente documentadas por um especialista. Três métodos de detecção de artefatos foram desenvolvidos em Python: o primeiro baseado em MQIs, o segundo, baseado em uma rede neural e um terceiro, no qual MQIs e redes neurais foram combinados. A precisão de cada método na diferenciação entre imagens normais e com artefatos foi avaliada.

Resultados e Discussões: A Figura 1 mostra as distribuições normalizadas de cada MQI, empregadas na detecção de artefatos através de outliers. A melhor combinação de MQIs apresentou 25% de precisão, enquanto o modelo de rede neural atingiu 68% de precisão.

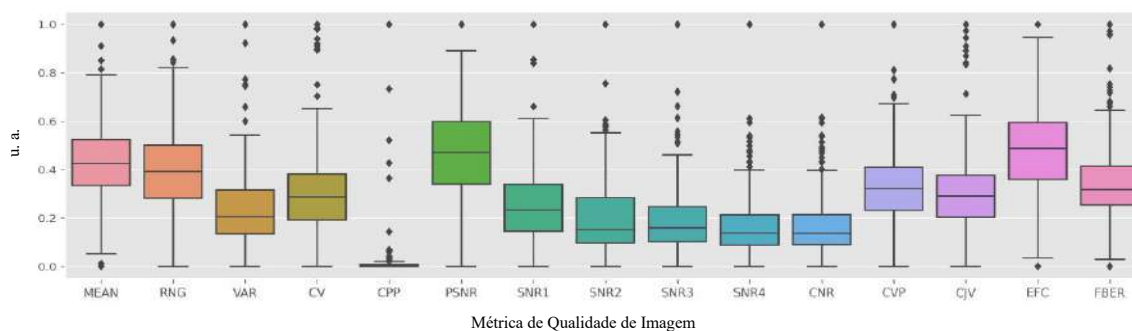


Figura 1: Distribuições normalizadas de MQIs, obtidas para 430 exames de RM de encéfalo.

O melhor resultado foi obtido a partir do terceiro método, que combinou MQIs com redes neurais, alcançando uma precisão de 82% na detecção de artefatos.

Conclusões: Este estudo empregou MQIs e redes neurais para detecção de artefatos em imagens de RM. Verificou-se que uma rede neural apresenta maior precisão (68%) na detecção de artefatos em comparação aos MQIs (25%). No entanto, a combinação de redes neurais com MQIs permitiu alcançar um resultado ainda melhor, com 82% de precisão.

Determinação de parâmetros otimizados de irradiação de um feixe de raios X de baixa energia para estudos em dosimetria biológica

Guimarães, G. S.¹; Pazetto, A. M.¹; Pianoschi, T. A.¹; Yoshizumi, M. T.¹

¹ Grupo de Física Médica Experimental e Computacional - UFCSPA

Contato: georgia.guimaraes@ufcspa.edu.br

Introdução: A utilização de feixes de radiação ionizante na Medicina vem permitindo inúmeros avanços no diagnóstico e tratamento de doenças. No entanto, a exposição dos tecidos biológicos a essas radiações pode causar diversos efeitos indesejados. Uma forma de estimar esses danos é por meio dos testes de genotoxicidade, como o teste de micronúcleos, ensaio cometa e teste gamma-H2AX. Para que essa estimativa seja confiável, é necessário assegurar os parâmetros de irradiação do feixe. O objetivo deste trabalho é determinar parâmetros otimizados para irradiação de culturas celulares em um equipamento móvel de raios X, permitindo a reprodutibilidade necessária para assegurar a homogeneidade do feixe no momento da irradiação das células.

Materiais e Métodos: A uniformidade do campo de radiação de 10x10cm², assim como a reprodutibilidade do kerma foram avaliadas em diversas distâncias do ponto focal do tubo para garantir a irradiação das culturas celulares. Para a realização desses testes, foi utilizado um equipamento de raios X móvel (Shimadzu) e uma câmara de ionização do tipo Farmer (PTW) em conjunto com um eletrômetro (PTW).

Resultados e Discussões: A partir do mapeamento dos eixos vertical e horizontal do campo de radiação, foi realizada a análise da uniformidade do feixe dentro da área da amostra ($R (\%) = 1,65$) e no campo inteiro, exceto regiões de penumbra ($R (\%) = 5,45$). A média do kerma no ar resultante foi $k = 2,41 \pm 0,3$ Gy no campo inteiro e $k = 2,44 \pm 0,01$ Gy dentro da amostra.

Conclusões: Pelo mapeamento da uniformidade do campo de radiação, é notável que os valores de k são mais uniformes dentro da região da amostra. Com isso, pode-se observar que é necessário, no mínimo, um campo de 10x10 cm² para garantir uma irradiação uniforme na cultura celular.

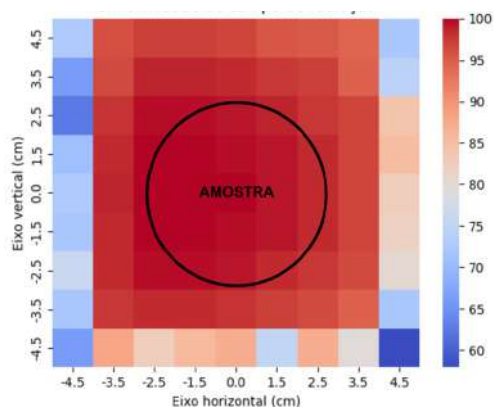


Figura 1: Mapeamento da uniformidade do campo de radiação



Determinação de valores típicos de dose em mamografia digital

Soares, N. M.; Rosa, I. V.; Sulzbach, C. E.; Marinello, C. C.; Leindecker, L. A. M.;
Lykawka, R.; Anés, M.; Bacelar, A.; Dias, J. H.

Serviço de Física Médica e Radioproteção – Hospital de Clínicas de Porto Alegre

Contato: jhdias@hcpa.edu.br

Introdução: Determinar os valores típicos de dose de radiação (VTD) em exames radiológicos é uma excelente forma de monitorar processos em um estabelecimento de saúde, bem como é um importante indicador para a otimização da proteção radiológica dos pacientes. Este estudo tem como objetivo apresentar dois métodos utilizados em um hospital público para determinar seus VTD em mamografia digital: um método manual por amostragem e outro automatizado, que inclui toda a população de pacientes.

Materiais e Métodos: Trata-se de um estudo observacional, transversal, quantitativo. Foram incluídos exames de mamografia do ano de 2022, com finalidade diagnóstica e de rastreamento, compostos pelas incidências padrão craniocaudal (CC) e médio-lateral oblíqua (MLO) bilaterais. Os VTDs são representados pela mediana da Dose Glandular Média (DGM) das incidências CC e MLO. Tais valores de dose foram obtidos por dois métodos: (1) manualmente, para uma amostra de 50 exames (totalizando 100 incidências CC e 100 MLO), a partir da tag (0040, 0316) do cabeçalho DICOM de cada imagem; (2) através de coleta automatizada utilizando o sistema de monitoração de dose de pacientes OpenREM (<https://openrem.org>), incluindo todos os exames (5158 imagens para cada incidência, totalizando 2579 exames).

Resultados e Discussões: O VTD obtido a partir do método manual foi 0,95 mGy (CC) e 1,01 mGy (MLO). Já através da coleta com o OpenREM, o VTD obtido foi 0,98 mGy (CC) e 1,11 mGy (MLO). Utilizando o teste de Wilcoxon, não foi observada diferença significativa entre os dois métodos utilizados para definir o VTD ($p=0,876$).

Conclusões: Foram apresentados dois métodos que podem ser facilmente reproduzidos para definir os VTDs em mamografia. O primeiro método segue o tamanho amostral recomendado pela ICRP 135, já o segundo método inclui toda a gama de espessuras de mama, o que é uma variável importante para a dose das pacientes.

Diferença na dose glandular normalizada para diferentes tamanhos de implantes

Camargo, A.¹; Peixoto, J.¹; Cerqueira, J.²

Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) – Departamento de Física Médica

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) – Instituto de Física

Contato: alexander21.camargo@gmail.com

Introdução: O objetivo deste trabalho é avaliar a diferença na dose glandular normalizada (DgN) em uma mama com implante mamário com diferentes tamanhos de implantes.

Materiais e Métodos: Utilizando o MCNPX, foram simuladas irradiação com feixes de mamografia de mamas com geometria de um semicilindro com 8 cm de raio, 16 cm de comprimento, 8 cm de espessura e implantes variando entre 2 a 6 cm.

Resultados e Discussões: A figura 1 mostra os valores de DgN para diferentes tamanhos de implantes em função da área do implante. Entre os implantes com espessura de 2 cm e de 6 cm houve a diferença máxima de 31% na DgN para a área do implante ocupando 80% da área total da mama.

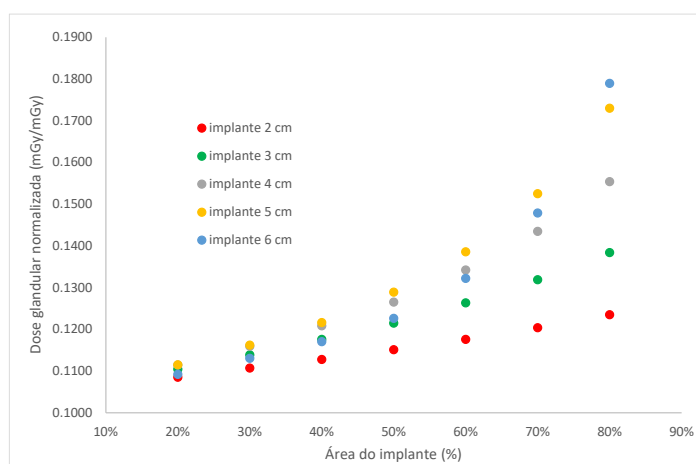


Figura 1: DgN para mama de 8 cm e espessura de implante de 2 a 6 cm em função da área do implante.

Conclusões: De acordo com os resultados encontrados, diferentes tamanhos de implantes em uma mesma mama tem um impacto significativo na dose glandular normalizada.



Diferenciação de tumores primários e metástases solitárias cerebrais: uma abordagem de aprendizado de máquina com distintos tamanhos de extração de texturas

Guassu, R. A. C.¹; Alves, A. F. F.¹; Alvarez, M.²; Pina, Diana Rodrigues ³.

Instituto de Biociências /Departamento de Biofísica e Farmacologia¹; Hospital das Clínicas – UNESP- Botucatu²; Faculdade de Medicina- UNESP – Botucatu³

Contato: raissa.guassu@unesp.br

Introdução: O diagnóstico de tumores cerebrais em neuroimagens é um grande desafio, que pode requerer procedimentos invasivos, como biópsias. O Aprendizado de Máquina (AM) é uma alternativa não invasiva para diferenciar lesões tumorais. Nesta pesquisa, propusemos a extração de parâmetros de textura e AM aplicados a imagens de ressonância magnética (RM) visando a distinção entre tumores primários e metástases solitárias cerebrais. A abordagem computacional inspecionou a aplicabilidade de dois tamanhos distintos de regiões de interesse (ROI) para extração de texturas.

Materiais e Métodos: O estudo envolveu exames de RM do encéfalo de pacientes com tumores primários e metástases solitárias cerebrais confirmados por análise histopatológica. Foram utilizadas sequências ponderadas em T1, FLAIR, DWI e T2, e foram excluídos pacientes que fizeram cirurgia antes da aquisição de imagens e lesões menores que 10 mm. Foi realizada uma análise com ROIs de diferentes tamanhos (10x10 e 32x32 pixels) para avaliar se isso influencia a capacidade de distinguir os grupos.

Resultados e Discussões: Utilizamos 70% dos dados para treinamento e 30% para teste, com método de validação cruzada F10-fold. Utilizamos a área sob a curva ROC (AUC) para determinar a eficiência do modelo. Para a ROI de 10x10 pixels, foi obtido um valor máximo de diferenciação de 97,5% para AUC usando o classificador *support vector machine* na sequência DWI. Para ROI de 32x32 pixels, a melhor diferenciação foi alcançada na sequência T2, com uma AUC de 99,8% usando o classificador *Neural Network*.

Conclusões: Conforme CARTER et al., 2016, os resultados de classificação foram excelentes. De maneira geral, os classificadores utilizados permitiram distinguir entre tumores cerebrais primários e metástases cerebrais solitárias. A ROI de 32x32 pixels apresentou o melhor desempenho e estabilidade na diferenciação.



Estimativa da densidade mamária usando *Deep Learning*: desenvolvimento e validação

Massera, R.T.¹; Tomal, A.¹

¹ Instituto de Física Gleb Wataghin - Universidade Estadual de Campinas

Contato: atomal@ifi.unicamp.br

Introdução: A densidade volumétrica mamária (VBD) é um importante indicador no estudo do câncer de mama por estar associado ao risco da doença, e à dose absorvida e à detectabilidade em um exame mamográfico. Neste trabalho, um *framework* de *deep learning* (DL) foi desenvolvido para estimar a VBD a partir de imagens mamográficas.

Materiais e Métodos: Um *framework* de DL (DLF) com estruturas (UNet e MLP) foi treinado e validado para estimar a VBD a partir de imagens sintéticas de *phantoms* antropomórficos geradas usando simulação Monte Carlo [1] ou algoritmos de *ray-tracing*. O método foi aplicado para quantificação da VBD de um conjunto de imagens mamográficas clínicas de 199 pacientes adquiridas no INRAD-HCFMUSP.

Resultados e Discussões: Os valores de VBD obtidos para as imagens clínicas usando o DLF e o software comercial Volpara (Volpara Health, NZ, v.1.5.1) são mostrados na Figura 1. Os valores de mediana (percentis 10° e 90°) de VBD foram 8,6(4,0-21,1)% e 6,9(3,1-19,4)% usando o software Volpara e o DLF, respectivamente.

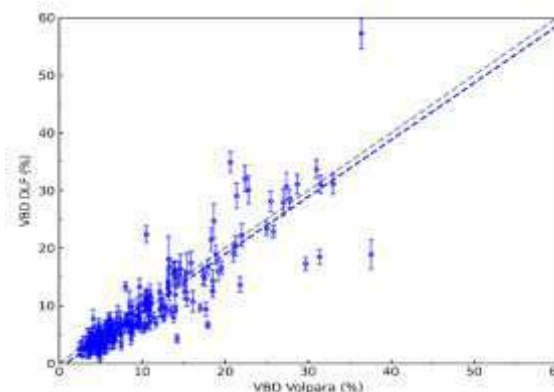


Figura 1: Comparação de VBD: DLF x Volpara

Conclusões: A estrutura DLF treinadas usando imagens sintetizadas de *phantoms* de mama computacionais mostrou-se promissora para estimativa da VBD para pacientes.

Referências bibliográficas

[1] Massera, R.T. et al. Breast glandularity and mean glandular dose assessment using a deep learning framework: Virtual patients study. *Physica Medica*, v. 83, p. 264, 2021.



ESTIMATIVA DA DOSE EFETIVA EM PROCEDIMENTOS DE RADIOLOGIA INTERVENCIÓNISTA UTILIZANDO SIMULAÇÃO DE MONTE-CARLO

Leite, H. C.¹; Marques, T. G. S.¹; Aureliano, M. A. S.¹; Rosa, A. A.¹; Alvarez, M.²; Pina, D. R.³

1. Residência em Física Médica, Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP; 2. Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB), UNESP; 3. Departamento de Infectologia, Dermatologia, Diagnóstico por Imagem e Radioterapia da Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP

Contato: hilescarvalho@gmail.com

Introdução: A Radiologia Intervencionista (RI) é uma técnica radiológica utilizada em procedimentos minimamente invasivos. A exposição à radiação ionizante durante esses procedimentos pode ter efeitos nocivos à saúde, tornando a estimativa da dose de radiação essencial para garantir a segurança dos pacientes e profissionais. O Produto Kerma-Area (PKA) é uma grandeza utilizada para estimar a dose de radiação em procedimentos de RI. Este trabalho teve como objetivo estimar a Dose Efetiva (E) em procedimentos de RI realizados no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB) a partir do PKA, utilizando simulação de Monte Carlo por meio do software PCXMC 2.0.

Materiais e Métodos: Foi empregada uma base de dados contendo informações acerca dos procedimentos de angiografia coronariana (N=30), cerebral (N=56) e periférica (N=29) realizados no HCFMB entre julho e novembro de 2021. Os dados disponíveis incluíam a idade, o sexo, as projeções, a tensão e o PKA associados a cada procedimento. As simulações dos procedimentos ocorrem através do software PCXMC 2.0 e as Doses Efetivas foram calculadas. Os resultados foram comparados com os valores de referência estabelecidos na literatura. A análise estatística dos dados foi realizada por meio da média e desvio-padrão.

Resultados e Discussões: Na Tabela 1 encontram-se os valores médios de tensão, PKA e Doses Efetivas estimadas com o software PCXMC 2.0, além dos valores de Dose Efetiva reportados na literatura [1]. Observou-se que os valores de dose calculados para os procedimentos de Angiografia Coronariana, Cerebral e Periférica ficaram dentro do intervalo observado na literatura. Houve diferenças significativas entre os valores obtidos para cada procedimento, pois estes afetam regiões com diferentes sensibilidades à radiação.

Tabela 1: Dados dos procedimentos avaliados, Doses Efetivas estimadas e intervalos de Dose encontrados na literatura.

Procedimento	Tensão (kV)	Projeção	PKA (Gy.cm ²)	E _{calculada} (mSv)	E _{ref} (mSv)
Ang. Coronariana	81	AP	31.00	3.75	0.8-19.6
Ang. Cerebral	73	AP	38.58	0.58	2.0-15.8
Ang. Periférica	66	AP	23.93	0.06	-

Conclusões: A utilização dos valores de PKA e demais dados coletados junto ao PCXMC 2.0 permitiu estimar as doses efetivas em procedimentos de RI. Os resultados indicam que as práticas de RI no hospital avaliado estão em conformidade com os valores observados em outros centros, a nível internacional. No entanto, a alta variabilidade entre os valores associados a cada procedimento ressaltam a necessidade de monitoramento e otimização contínua das práticas de RI.

Referências bibliográficas:

[1] Mettler FA, Huda W, Yoshizumi TT, Mahesh M. Effective Doses in Radiology and Diagnostic Nuclear Medicine: A Catalog. *Radiology*. 248(1):254–63, 2008.



Exames de Recorrência em Pacientes submetidos a Tomografia Computadorizada

Oliveira, P.H.¹; Gagetti, F.L.¹; França, M.C.C.¹; Souza, R.A.¹; Medeiros, R.B.^{1,2};
Freitas, M.B.^{1,3}

¹Programa de Residência em Área Profissional de Física Médica – UNIFESP

²Pós-Graduação em Cardiologia da Escola Paulista de Medicina – UNIFESP

³Departamento de Biofísica da Escola Paulista de Medicina – UNIFESP

Contato: henrique.pablo@unifesp.br

Introdução: A preocupação com os exames de tomografia computadorizada (TC) recorrentes num mesmo paciente têm sido crescente nos últimos anos. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o número de pacientes submetidos a exames de recorrência em TC, estimando os valores de dose efetiva acumulada.

Materiais e Métodos: Um estudo retrospectivo foi realizado em um hospital especializado de grande porte em São Paulo. Foram identificadas em um mesmo paciente o número de recorrências e tipos de exames de TC realizados em 1 ano (2021 e 2022). A partir desta informação, foi realizada uma estimativa de dose efetiva acumulada, empregando o *software* National Cancer Institute Dosimetry System for CT – NCICT.

Resultados e Discussões: Um total de 12.138 exames de TC foram analisados, correspondendo a 11.157 pacientes. Deste total de pacientes, 3,78% (422 pacientes) foi submetido a 3 ou mais exames de TC no mesmo ano. Para 10 pacientes, o total de exames de recorrência alcançou 9 ou mais TC num mesmo ano, atingindo um valor de dose efetiva acumulada de até 82 mSv.

Conclusões: O estudo realizado demonstrou a importância da avaliação da recorrência de TC num mesmo paciente, permitindo a comparação dos riscos associados a múltiplas exposições. Critérios clínicos que justifiquem os riscos da recorrência de exames devem ser rotineiramente avaliados.

Referências bibliográficas

Lee C., et al: NCICT: a computational solution to estimate organ doses for pediatric and adult patients undergoing CT scans. *J Radiol Prot.* 2015; 35(4), 891-909.



Implementação de um Sistema Automático de Ciência de Dose para Indivíduos Ocupacionalmente Expostos em um Hospital de Grande Porte

Marques, T. G. S.¹; Aureliano, M. A. S.¹; Leite, H. C.¹; Rosa, A. A.¹; Alvarez, M.²; Pina, D. R.³

¹Residência em Física Médica, Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP; ²Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP; ³Departamento de Infectologia, Dermatologia, Diagnóstico por Imagem e Radioterapia, Faculdade de Medicina de Botucatu, UNESP.

Contato: tulio.marques@unesp.br

Introdução: É exigido pela Normativa Regulamentadora (NR) nº 32 que Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOEs) tenham a Ciência da Dose Efetiva que receberam durante o exercício da profissão. A obtenção da Ciência de Dose através da coleta presencial de assinaturas demanda tempo e mobilidade dos físicos do hospital. Para isso, foi implementado um sistema digital e automático de Ciência de Dose.

Materiais e Métodos: Utilizando a linguagem Python, foi desenvolvida uma aplicação que recebe como parâmetro de entrada a tabela de leitura de Doses mensais da instituição, disponibilizada pelo serviço de dosimetria. Essa aplicação gera um informativo mensal personalizado acerca da Dose Efetiva de cada IOE, o qual é enviado para seu respectivo endereço eletrônico. Sempre que a Dose recebida por um IOE ultrapassa o limite mensal de 1 mSv, é iniciada uma Investigação Radiológica e este individuo é automaticamente notificado pela aplicação. Além disso, para cada informativo é solicitada uma confirmação de leitura com o intuito de registrar a Ciência da Dose do IOE naquele mês.

Resultados e Discussões: O novo sistema foi bem aceito pelos IOEs do hospital. Houve aumento significativo no número de Ciências de Dose registradas em relação ao procedimento manual de coleta de assinaturas realizado previamente.

Conclusões: A Ciência de Dose através do sistema automático trouxe ganhos para radioproteção dentro do hospital, facilitando Investigações Radiológicas acerca de doses acima dos limites estabelecidos pela CNEN 3.01, agilizando a prestação de Ciência de Dose aos funcionários e tornando-se ferramenta jurídica em prol da instituição.

Referências bibliográficas

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora 32: Segurança e Saúde no Trabalho em Serviços de Saúde. Brasília: MTE, 2005.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. CNEN 3.01: Normas de Proteção Radiológica. Rio de Janeiro: CNEN, 2014.

Inclusão da simulação da criação e transporte de pares elétron-buraco em detectores semicondutores no código Monte Carlo PENELOPE: impacto na formação da imagem radiográfica

Mendes, H.R.¹; Tomal, A.¹

¹Departamento de Física Aplicada – Universidade Estadual de Campinas

Contato: hmendes@ifi.unicamp.br

Introdução: A simulação Monte Carlo (MC) é uma ferramenta valiosa para avaliação e otimização de tecnologias de imagens radiográficas sem o risco de exposição ao paciente. Porém, na maioria dos códigos MC o processo de detecção é simplificado, sem incluir a conversão de raios X em sinal elétrico. O objetivo deste trabalho foi implementar no código PENELOPE v. 2014 a simulação de transportadores de carga em detectores semicondutores e avaliar seu impacto na formação da imagem radiográfica.

Materiais e Métodos: O modelo do detector foi denominado THOR e incluiu no código PENELOPE o transporte de pares elétron-buraco (*EHP*). A geometria de simulação consistiu em uma fonte pontual de fótons incidentes em uma caixa homogênea composta de tecido mole representando o tórax de um recém-nascido. O detector era composto de CdTe (espessura 1000 μm , tamanho de pixel 100 μm , e campo elétrico 0,1 V/ μm). A qualidade da imagem foi quantificada pela razão contraste-ruído (*CNR*).

Resultados e Discussões: A Figura 1 mostra a *CNR* com e sem a dispersão de cargas. Ao incluir o transporte de *EHP*, a *CNR* aumenta em até 35%, que é explicada pela contagem individual de fótons primários e secundários (espalhamento Compton e fluorescência) no código THOR, diminuindo o ruído.

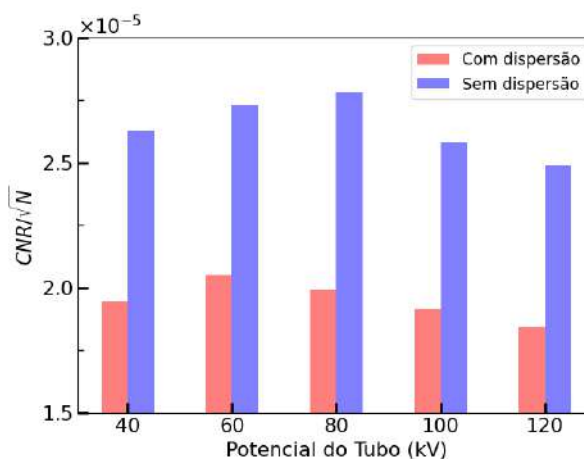


Figura 1 – *CNR* com e sem a dispersão de cargas

Conclusões: A inclusão da simulação do transporte de *EHPs* resulta em mudanças nas qualidades das imagens de radiografia tanto qualitativa quanto quantitativamente, mostrando a importância desta inclusão para obter uma imagem o mais realista possível.

XXVII CBFM – São Pedro

Metodologia de análise e acompanhamento da diferença de razão sinal ruído (SDNR) em equipamentos de raios X ao longo do tempo

Castro, J. C. O.¹; Leonel, P. Z.¹; Nascimento, A. F.¹; Nersissian D. Y.¹, Costa, P. R.¹

¹Instituto de Física – Universidade de São Paulo - IFUSP

Contato: jullianna.cocastro@gmail.com

Introdução: A avaliação frequente da qualidade de imagem nos equipamentos de radiografia se faz necessária, porém esta prática é negligenciada em países carentes. Deste modo, em 2021 a Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA) publicou o documento N° 39, sugerindo o uso de um dispositivo de teste com construção simples e de baixo custo, que possibilita o acompanhamento periódico, sendo ele remoto ou não. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a métrica de qualidade de imagem SDNR, ao longo do tempo, em equipamentos de radiografia digital utilizando este dispositivo.

Materiais e Métodos: Foram avaliados 4 equipamentos de radiografia no Instituto de Radiologia – INRAD-HCFMUSP, em um período de 12 meses. Uma vez obtida a imagem do dispositivo, esta é analisada no software gratuito ATIA (*Automated Tool for Image Analysis*), disponibilizado pela IAEA, em que algumas métricas de qualidade são automaticamente obtidas, entre elas o SDNR.

Resultados e Discussões: Ao avaliar a SDNR é possível observar uma constância ao longo do tempo para todos os equipamentos (Figura 1). Verificou-se a diferença entre os tipos de detectores integrado e não integrado, em que o SDNR médio foi 18,9 e 8,1, respectivamente. Nota-se as maiores variações encontradas de 7% para o equipamento RX 2 e 4% para o equipamento RX 4.

SDNR avaliada ao longo do tempo

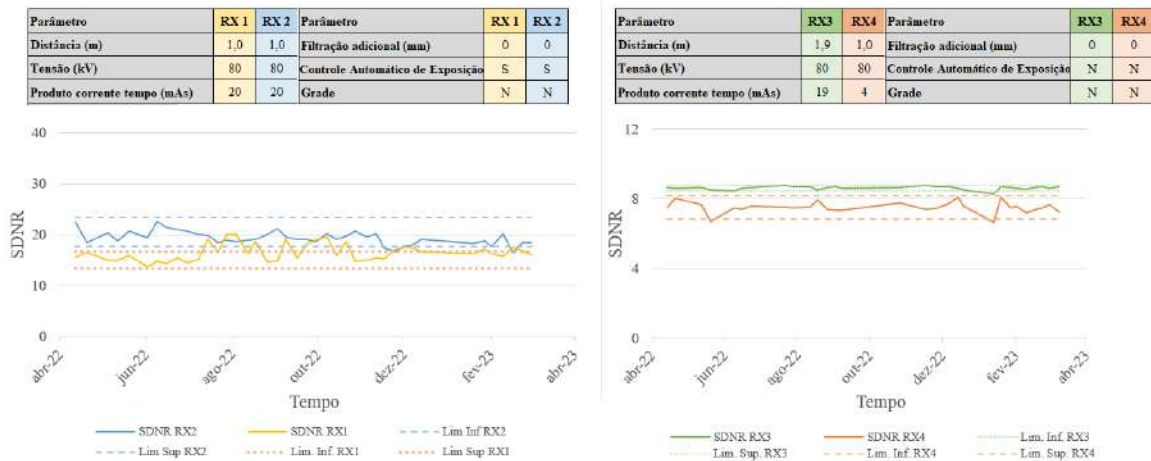


Figura 1: Acompanhamento da SDNR ao longo do tempo para dois equipamentos de radiografia digital (a) com detector não integrado e (b) integrado no equipamento.

Conclusões: Os resultados encontrados refletem a importância da análise frequente dos equipamentos de radiografia, trazendo a possibilidade de visualizar quaisquer interferências ou problemas técnicos no período avaliado.

Referências bibliográficas

International Atomic Energy Agency (IAEA). Implementation of a Remote and Automated Quality Control Programme for Radiography and Mammography Equipment. **IAEA Human Health Series n° 39**, Vienna, 2021.



Metodologia para Estabelecimento de Níveis de Referência em Diagnóstico (DRL) Institucionais em Tomografia Computadorizada (TC) de Tórax em Adultos

Castro, J. C O.¹; Nersissian D. Y.²; Sawamura M. V. Y.¹ Costa P. R.²;
Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina – Universidade de São Paulo
Instituto de Física – Universidade de São Paulo
Contato: jullianna.cocastro@gmail.com

Introdução: Em processos de otimização de doses, o estabelecimento de Níveis de Referência em Diagnóstico (*Diagnostic Reference Levels – DRLs*) auxiliam na avaliação dos níveis de exposição à radiação ionizante em procedimentos de imagem médica e recomenda-se sua atualização regularmente. Dessa forma o objetivo deste trabalho foi apresentar uma metodologia e incentivar o estabelecimento de DRLs dentro de uma instituição mostrando os desafios encontrados, as validações de medições realizadas e as aplicações desta ferramenta.

Materiais e Métodos: Este estudo utilizou 637 exames de TC de tórax sem contraste em pacientes adultos, em 4 tomógrafos no INRAD-HC-FMUSP. Para estabelecer os DRLs, foi usada a metodologia apresentada na publicação ICRP nº135/2017, adequando o estudo às particularidades encontradas no cenário institucional avaliado.

Resultados e Discussões: Este estudo apresentou a importância de conhecer o perfil demográfico dos pacientes atendidos. Os resultados enfatizam a importância da avaliação e do cuidado ao se estabelecer os DRLs, considerando processos de validação e controle de qualidade dos equipamentos sob estudo. Esse fator possui grande influência na distribuição das doses, conferindo diferenças percentuais de 5,1% no CTDI_{vol} e 6,3% no DLP. Os resultados encontrados foram comparados com os apresentados na literatura e promoveram adequações institucionais.

Conclusões: O intuito deste trabalho foi apresentar a implementação da metodologia de estabelecimento de DRL dentro de uma instituição, mostrando as dificuldades encontradas e a aplicação dos resultados institucionalmente. Este estudo também incentivou o mesmo levantamento em outras instituições, contribuindo para o estabelecimento dos primeiros níveis de referência locais e/ou nacionais.

Referências bibliográficas

Vañó E, et al. ICRP Publication 135: Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. Ann ICRP. 2017; 46 (1):1–144.



Métricas Quantitativas para Análise dos Resultados de Testes de Controle de Qualidade de Ultrassom

Gagetti, F.L.¹; Oliveira, P.H.¹; França, M.C.C.¹; Souza, R.A.¹; Medeiros, R.B.^{1,2}; Freitas, M.B.^{1,3}

¹Programa de Residência em Área Profissional de Física Médica – UNIFESP

²Pós-Graduação em Cardiologia da Escola Paulista de Medicina – UNIFESP

³Departamento de Biofísica da Escola Paulista de Medicina – UNIFESP

Contato: fabio.gagetti@unifesp.br

Introdução: Os valores de tolerância estabelecidos para os testes de controle de qualidade (CQ) em ultrassom (US) estão baseados em sua grande maioria em informações fornecidas pelos fabricantes dos equipamentos e/ou do simulador, nem sempre disponíveis. Neste sentido, o objetivo deste estudo foi a implementação de métricas quantitativas para análise dos resultados de testes de CQ de equipamentos de US.

Materiais e Métodos: Equipamentos de US de diferentes fabricantes, modelos e com vários tipos de transdutores foram avaliados durante CQ anuais. Os resultados dos testes de uniformidade da imagem, profundidade de penetração, zona focal, visualização de objetos anecoicos e limiar de sensibilidade a baixo contraste foram avaliados utilizando medidas realizadas diretamente nas imagens adquiridas.

Resultados e Discussões: As métricas quantitativas desenvolvidas, em combinação com aquelas sugeridas na literatura, basearam-se na análise de parâmetros físicos nas imagens (Tabela 1).

Tabela 1: Resultados obtidos para sonda L10-5V, equipamento Siemens Acuson-P500.

Teste	Uniformidade	Profundidade de penetração	Zona focal	Objetos anecoicos	Sensibilidade de baixo contraste
Parâmetro físico analisado	Pressão sonora relativa	Razão sinal-ruído na profundidade	Largura a meia-altura (na profundidade da zona focal)	Distorção	Razão contraste- ruído
Resultados	1,04 dB	6,9 cm (SNR=1)	14,6 mm (5 cm)	8,5%	0,2 (+3 dB)

Conclusões: Embora o uso de métricas quantitativas na avaliação dos resultados dos testes de CQ exija maior rigor durante a aquisição das imagens e maior tempo nas análises, estes podem ser incorporados à prática rotineira de CQ, contribuindo para o acompanhamento do desempenho dos equipamentos/transdutores ao longo do tempo.



Monitoramento de Doses em Radiologia Diagnóstica e Intervencionista: Estudo de Viabilidade de Implementação do Software OpenREM.

Cavalcante, P.P.A.¹; Fogagnoli, M. P.¹; Gagetti, F.L.¹; Souza, P.H.O.¹; Medeiros, R.B.^{1,2}; Freitas, M.B.^{1,3};

¹Programa de Residência em Área Profissional de Física Médica – UNIFESP

²Pós-Graduação em Cardiologia da Escola Paulista de Medicina – UNIFESP

³Departamento de Biofísica da Escola Paulista de Medicina – UNIFESP

Contato: pedropauloacavalcante@gmail.com

Introdução: No processo de otimização das doses de pacientes, tem sido cada vez mais frequente a utilização de *softwares* de extração automatizada dos indicadores de dose. O objetivo deste trabalho foi avaliar as funcionalidades e viabilidade de uma ferramenta computacional de código aberto, denominada OpenREM, desde a instalação até a sua aplicação na monitoração dos valores de dose praticados na rotina clínica.

Materiais e Métodos: A versão 0.10.0 do *software* OpenREM foi instalada localmente e utilizada para monitorar um total de 101 exames realizados em diferentes tipos de modalidades e diferentes fabricantes de equipamentos avaliando a capacidade de leitura e incorporação das informações (idade, sexo, tipo de exame, indicadores de dose, protocolo, etc.) disponibilizadas nos relatórios de dose ou diretamente no cabeçalho das imagens DICOM. Além disso, também foram avaliadas as funcionalidades que auxiliam na gestão hospitalar e no monitoramento dos indicadores de dose.

Resultados e Discussões: O processo de instalação e configuração do OpenREM exige um conhecimento prévio em programação, tecnologia da informação e PACS. A ferramenta demonstrou viabilidade de uso de todas as suas funcionalidades, em todas as modalidades, tendo falhado na incorporação dos relatórios de dose fornecidos pelos equipamentos de um dos fabricantes (Philips).

Conclusões: O OpenREM demonstrou ser uma ferramenta eficiente para o monitoramento dos indicadores de dose, de forma automatizada, nas várias modalidades. Seu uso em ambiente clínico é viável, no entanto, são necessários mais estudos envolvendo o desenvolvimento de novos códigos e profissionais especializados para dar suporte.



Níveis de Referência em Diagnóstico (DRL) em exames de Tomografia Computadorizada (TC) para avaliação de urolitíase em adultos

Nascimento, A.¹; Nersissian, D.²; Silva, G.²; Costa, P.².

Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina – Universidade de São Paulo (USP)¹

Instituto de Física (IFUSP) – Universidade de São Paulo (USP)²

Contato: fernandesn.amanda@gmail.com

Introdução: O conceito de Níveis de Referência em Diagnóstico (DRL) foi introduzido pela Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP) em 1996 e, desde então, mostrou-se uma ferramenta eficaz na otimização de exposições em procedimentos diagnósticos e intervencionistas. Para o estabelecimento de DRL em TC, observa-se a necessidade em utilizar indicações clínicas (ICs) como forma de segregação dos exames, aprimorando a segregação por região anatômica. Assim, o objetivo deste estudo foi estabelecer e analisar DRLs utilizando a IC mais frequente da instituição em análise.

Materiais e Métodos: Foram coletados dados de 804 exames de TC, via ambulatório, correspondentes à IC de urolitíase em adultos de 4 tomógrafos do Instituto de Radiologia – InRad HCFMUSP, a partir de duas fontes, o PACS Enterprise Imaging® (Agfa) e o gerenciador de dose Teamplay® (Siemens), entre o período de julho de 2022 e fevereiro de 2023. Com a amostra determinada, os exames foram segregados usando a classificação da Organização Mundial da Saúde (OMS) para Índice de Massa Corporal (IMC), permitindo a determinação de um paciente padrão e o respectivo Valor Típico (VT) institucional. Por fim, os resultados foram comparados com os valores de DRL do Reino Unido.

Resultados e Discussões: Do total de exames, 32% dos pacientes foram classificados com IMC entre 25 e 30 kg/m², sendo este grupo considerado como paciente padrão. Dessa forma, os valores típicos encontrados foram de 9,1 mGy para CTDI_{vol} e 489,0 mGy·cm para o DLP. Comparado ao Reino Unido, que possui valores de CTDI e DLP iguais a 6,3 mGy e 290 mGy·cm, respectivamente, observa-se a necessidade de se avaliar os protocolos, sugerindo a otimização dos mesmos.

Conclusões: A metodologia aplicada para o levantamento dos níveis de referência usando as ICs resultou em um estudo mais específico para o tipo de exame e pode ser aplicada para outras ICs, mas ainda necessita da análise da qualidade da imagem clínica. O resultado desse estudo em comparação com os DRLs nacionais do Reino Unido sugere a necessidade de realizar a otimização dos protocolos.

Referências bibliográficas: UK Health Security Agency: National Diagnostic Reference Levels (NDRLs) from 13 October 2022. 2022. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/publications/diagnostic-radiology-national-diagnostic-reference-levels-ndrls/ndrl#national-drls-for-computed-tomography>. Acesso em: 27 mar. 2023.



Otimização de exames raios X de tórax PA utilizando filtros adicionais com avaliação através do CDRAD Phantom e Simulação Monte Carlo

Peglow, K.¹; Anés, M.²; Marinello, C. C.¹; Dias, J.H.²; Pianoschi, T. A.¹; Bacelar, A.²; Rlykawka, R. L.²; Da Rosa, I. V.²; Trombini, H.¹

¹ Bacharelado em Física Médica – Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

² Serviço de Física Médica – Hospital de Clínicas de Porto Alegre

Contato: kainefisicamedica@gmail.com

Introdução: Em radiologia, a busca pela qualidade da imagem com menor dose de radiação absorvida é fundamental. Este trabalho buscou avaliar diferentes combinações de filtros adicionais e tensão do equipamento para o exame de raios X de tórax com incidência Pósterio-Anterior (PA), com objetivo de encontrar a melhor relação entre dose e qualidade da imagem.

Materiais e Métodos: No serviço de radiologia do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, foram coletadas experimentalmente 140 imagens simulando o exame de raios X de tórax PA. O produto dose-área de cada aquisição foi obtido utilizando um Diamentor da marca PTW modelo E2. A qualidade da imagem foi obtida através das imagens adquiridas com o Contrast-Detail Phantom - CDRAD 2.0 e com o Software Artinis CDRAD Analyser. Simulações computacionais foram realizadas através do pacote Monte Carlo PENELOPE e representam as situações reais de aquisição experimental.

Resultados e Discussões: Os resultados experimentais mostraram que a melhor relação entre a dose e a qualidade da imagem foi obtida com a técnica de 96 kV e 0,3 mm de Cu. Com ela, a dose no paciente diminuiu em 40,51% e a qualidade da imagem aumentou em 7,03% em comparação com o protocolo atual (109 kV e 0 mm Cu). As simulações computacionais reproduziram o comportamento experimental observado.

Conclusões: Com a correta seleção dos parâmetros técnicos é possível reduzir significativamente a dose no paciente e ainda aumentar a qualidade da imagem. Além disso, a simulação computacional pode ser explorada como um método que viabiliza a dosimetria no paciente através da representação de situações reais permitindo assim, escolher a técnica radiográfica (kV e filtração adicional) mais adequada.



Procedimentos metodológicos para realização de CQ em monitores de laudo: requisitos sanitários e recomendações internacionais

Pontes, Dyane.¹; Real, Jessica V.^{1,2}; Maltez, Anna L. M. C.¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná

²Complexo Hospital de Clínicas da Universidade Federal do Paraná

Contato: dyanelp@hotmail.com

Introdução: Diversos fatores podem afetar a qualidade da imagem, tornando-a inadequada para fins diagnósticos, como por exemplo, contraste, ruído, luminância e distorções. Para tanto, um monitor de interpretação médica, definido como monitor de exibição primário, deve possuir desempenho específico, possibilitando um diagnóstico preciso do médico radiologista para o paciente. Diante disso, o controle de qualidade bem como os procedimentos metodológicos e critérios aplicados nos testes de tais monitores são essenciais para garantia da qualidade no diagnóstico por imagem.

Materiais e Métodos: Foram avaliados 40 monitores primários de laudo médico do CHC-UFPR (Curitiba-PR). Os parâmetros e procedimentos utilizados são fornecidos pelas Instruções Normativas n.ºs 90, 92, 93 e 97 da ANVISA e pelos Protocolos de Controle de Qualidade para Radiodiagnóstico na América Latina e no Caribe publicado pela IAEA. Os testes de uniformidade da luminância, luminância do monitor, razão entre a luminância máxima e mínima, Padrão GSDF (*Grayscale Standard Display Function*) e diferença de luminância entre os monitores de uma mesma estação de trabalho foram realizados, utilizando, quando necessário, um fotômetro previamente calibrado.

Resultados e Discussões: Nos testes identificamos inconformidades de um conjunto de monitores para o teste de diferença de luminância entre os monitores de uma mesma estação de trabalho, assim como de 04 monitores para o teste do Padrão GSDF, não sendo necessário retirá-los da rotina de laudo médico.

Conclusões: Este trabalho permitiu estabelecer a linha de base para testes futuros assim como sintetizou os procedimentos metodológicos, critérios e materiais para a realização do controle de qualidade em monitores primários, já que não se tem documentos nacionais que abordem a metodologia dos teste de controle de qualidade.



Programa para Avaliação Automática de Qualidade a partir de Imagens Digitais de *Phantoms* de Mama Padronizados

Mucciolo, Gabriela M.; Schiabel, Homero

Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação – Universidade de São Paulo

Contato: gabrielamm@usp.br

Introdução: Testes periódicos utilizando um *phantom* mamográfico devidamente padronizado permitem avaliar requisitos técnicos para classificar a qualidade de imagem de um mamógrafo. Como a leitura das imagens para determinar o limiar de contraste é uma tarefa cansativa, limitada também à subjetividade do observador, o que pode reduzir a precisão das aferições, nosso objetivo é desenvolver um novo software que auxilie o profissional na realização desses testes, mas correlacionando as leituras automáticas com a percepção visual humana.

Materiais e Métodos: Considerando que as estruturas presentes na radiografia de um *phantom* CIRS devem ser classificadas como visíveis ou não pelo observador, inicialmente, foi necessário padronizar as imagens e localizar um ponto de origem para o programa efetuar as respectivas detecções (consideradas corretas quando estão de acordo com análise efetuada por especialistas). Para isso, utilizaram-se filtros de correlação de formato circular ou retangular, dependendo da estrutura.

Resultados e Discussões: A tab. 1 mostra os dados obtidos a partir de 42 imagens disponíveis do *phantom* CIRS, obtidas em mamógrafos CR e DR:

Tabela 1: Resultados Obtidos

Padronização em relação a rotação das imagens	100%
Localização correta do ponto de origem	79%
Visualização das estruturas de microcalcificação	94%
Visualização das estruturas de massas tumorais	79%
Visualização das estruturas de tecidos fibrosos	86%

Conclusões: Os resultados da Tab. 1 mostram que é necessário melhorar os implementos para localização correta do ponto de origem. O próximo passo é correlacionar a visualização das estruturas com a visão humana por meio dos parâmetros de Weber.



Proposta de Controle de Qualidade em Tomossíntese da Mama

Fogagnoli, M.P.¹; Cavalcante, P.P.A.¹; Gagetti, F.L.¹; Souza, P.H.O.¹; Freitas, M.B.^{1,2}; Medeiros R.B.^{1,3}

¹Programa de Residência em Área Profissional de Física Médica – UNIFESP

²Departamento de Biofísica da Escola Paulista de Medicina – UNIFESP

³Pós-Graduação em Cardiologia da Escola Paulista de Medicina – UNIFESP

Contato: marifogagnoli@gmail.com

Introdução: Neste trabalho propomos a realização de ensaios de controle de qualidade (CQ) em tomossíntese mamária, ainda não requeridos nas normativas nacionais, por meio de simuladores dedicados para os testes de qualidade das imagens obtidas nesta modalidade, visando contribuir para a divulgação e implementação desta metodologia.

Materiais e Métodos: Os testes foram realizados em um mamógrafo GE Senographe Pristina (alvo/filtro: Rh/Ag e Mo/Mo), no modo de tomossíntese. Foram utilizados simuladores confeccionados especificamente para análise de resolução das imagens. Foram avaliados o desempenho do tubo de raios X, dosimetria, controle automático de intensidade por meio da razão contraste-ruído (CNR) em diferentes espessuras, desempenho do detector (função-resposta, uniformidade e resolução do sistema de detecção) e qualidade das imagens reconstruída e sintetizada (resolução no plano x-y e no eixo z, homogeneidade e perda de tecido). A qualidade das imagens foi avaliada sob métricas de qualidade de imagem, como CNR e resolução espacial.

Resultados e Discussões: Os resultados dos testes elétricos e dosimétricos foram similares aos encontrados para mamografia 2D. Houve diferença na função-resposta do detector entre os modos 2D e 3D. Não houve perda significativa na razão contraste-ruído, embora tenha havido perda de resolução espacial.

Conclusões: A avaliação de sistemas de tomossíntese pode ser realizada com auxílio de instrumentação já utilizada na rotina de CQ e simuladores específicos para avaliação da qualidade das imagens, de fácil confecção.

Referências bibliográficas

EUREF, European Guidelines for Quality Assurance in Breast Cancer Screening and Diagnosis "Protocol for the quality control of the physical and technical aspects of digital breast tomosynthesis systems." (2015).

Protótipo para obtenção simultânea de múltiplas imagens de raios X para aplicações biomédicas: Resultados preliminares

M.S.S. Gobo¹; M. G. Hönnicke², M.E, Poletti.¹

¹Departamento de Física – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo;

²Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza - Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA);
Contato: michelg@usp.br

Introdução: Imagens de raios X podem ser obtidas através de diversos mecanismos de contraste baseados em grandezas de interação diferentes. Imagens baseadas no contraste por atenuação são amplamente utilizadas, entretanto podem apresentar limitações quando o coeficiente de atenuação linear dos tecidos biológicos em estudo são próximos. Imagens formadas por contraste de espalhamento e fase surgem como um complemento à técnica convencional, no entanto as técnicas para obtenção dessas imagens apresentam limitações quanto a sua aplicação clínica. Uma possível solução para essas limitações, recentemente proposta na literatura, consiste no posicionamento de uma grade no caminho do feixe para criar um padrão de sombras o qual é modificado na presença de uma amostra. Através da análise de Fourier das imagens da grade com e sem a amostra é possível reconstruir as imagens de atenuação, espalhamento e fase. O objetivo desse estudo é desenvolver um protótipo experimental que possibilite a obtenção simultânea de imagens de raios X nas três modalidades de contraste com apenas uma exposição da amostra.

Materiais e Métodos: O protótipo consistiu em uma fonte de raios X, uma grade celular e um receptor digital. As amostras utilizadas neste trabalho foram água, grãos de açúcar e grãos de carvão de silício com diferentes granularidades (24 a 180 μm). Dessa forma, imagens da grade com e sem as amostras foram adquiridas. Foi elaborado um algoritmo para reconstrução das imagens.

Resultados e Discussões: A Figura 1 apresenta algumas das imagens obtidas neste estudo. As Figs.1(a), (b) e (c) mostram, respectivamente, uma imagem convencional de uma amostra contendo açúcar e as imagens da grade sem e com amostra. A partir do algoritmo desenvolvido neste estudo foi possível reconstruir as imagens de contraste de atenuação (Fig.1(d)), espalhamento (Fig.1(e)) e fase (Fig.1(f)). A imagem reconstruída de atenuação apresenta contraste aprimorado em relação ao da imagem convencional, bem como a supressão do fundo, imposta pela reconstrução.

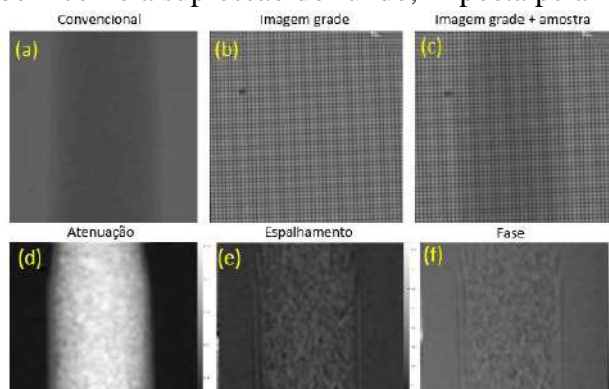


Figura 1: Imagens de uma amostra contendo grãos de açúcar

Nota-se, ainda, que as imagens reconstruídas de espalhamento e fase apresentam detalhes dos contornos grãos não observados na imagem convencional.

Conclusões: O protótipo e o algoritmo desenvolvidos neste estudo possibilitaram a reconstrução bem sucedida das imagens de atenuação, espalhamento e fase. Os resultados preliminares obtidos mostram-se promissores pois possibilitam a

obtenção de informações complementares à técnica convencional. Contudo ainda são necessários mais testes para adaptá-lo as condições clínicas reais.



Quantitativo de equipamentos de Ultrassom testados no Estado do Rio de Janeiro pelo Programa de Radioproteção em Saúde

Gonçalves, Thayana M.¹; Santos, Leonardo P.¹; Marques, Carlos Alexandre F.¹;
Pacífico, Leonardo C.¹; Magalhães, Luis Alexandre G.¹

1- Departamento de Ciências Radiológicas – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Contato: thayanamartins.lcr@gmail.com

Introdução: O objetivo do presente trabalho é apresentar um panorama da quantitativo de equipamentos de ultrassons nos quais foram realizados os testes de controle da qualidade no estado do Rio de Janeiro pelo Programa de Radioproteção em Saúde (PRS) do Departamento de Ciências Radiológica (DCR) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), tendo como base a Resolução da Diretoria Colegiada - RDC N° 611, de 9 de Março de 2022 e a Instrução Normativa (IN) 96, de 27 de maio de 2021.

Materiais e Métodos: Com o auxílio do banco de dados do PRS, foi feito um estudo do quantitativo do número de consoles, transdutores, tipos de transdutores, transdutores por console e o quantitativo de instituições que solicitaram o controle da qualidade, compreendidos entre 26/01/2022 e 27/03/2023 no estado do Rio de Janeiro.

Resultados e Discussões: 62 instituições, distribuídas no estado do Rio de Janeiro, solicitaram o controle da qualidade, sendo 66% na capital. Foram identificados 12 diferentes fabricantes, sendo que um deles responde por 37% de todos os equipamentos. 347 transdutores e 77 consoles foram testados, sendo que o transdutor do tipo linear corresponde por 31% de todos, seguido do transdutor do tipo convexo que corresponde por 30%. Foi encontrada uma média de 4,5 transdutores por console.

Conclusões: Com a RDC 611 e IN 96 em vigor, espera-se mapear a médio prazo, já que a frequência de todos os testes de controle da qualidade em US é anual, uma distribuição dos equipamentos de US no estado do Rio de Janeiro, servindo de base de informações para os órgãos públicos de interesse, bem como para a sociedade de uma forma geral.



Relação entre ruídos no ar e na aorta em tomografia computadorizada (TC) pediátrica de tórax

Leonel, P.¹; Nersissian, D.²; Sawamura, M.¹; Costa, P.²

Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina – Universidade de São Paulo (USP)¹

Instituto de Física (IFUSP) – Universidade de São Paulo (USP)²

Contato: zagopaulo38@gmail.com

Introdução: Os métodos de avaliação de ruído em imagens tomográficas utilizam objetos simuladores que possuem uma região uniforme. Esse tipo de avaliação da qualidade da imagem em TC não costuma ser realizada utilizando imagens clínicas dada a dificuldade em se encontrar uma região uniforme dentro do corpo humano. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi demonstrar que medições de ruído no ar, ao redor do paciente, podem atuar como substituto para o ruído encontrado dentro de estruturas do tórax.

Materiais e Métodos: O estudo avaliou 80 exames clínicos retrospectivos de TC de tórax de pacientes pediátricos, adquiridos em um tomógrafo dedicado a esse tipo de paciente no Instituto de Radiologia – INRAD-HCFMUSP. Para quantificar a qualidade da imagem, a artéria aorta foi escolhida como estrutura de referência para a medição do ruído nas imagens clínicas de tórax. Quatro regiões de interesse, ROIs, de mesma dimensão, foram feitas na aorta e extraídos os valores de ruído (desvio-padrão). Outras quatro ROIs, com as mesmas características, foram posicionadas no ar, ao redor do paciente.

Resultados e Discussões: Pelos dados de ruído, foi observado que os valores encontrados na região da aorta foram superiores aos encontrados na região do ar. Usando estes resultados, foi determinado um fator multiplicativo estabelecido pela razão entre a média de ruído na aorta e no ar, para os 80 pacientes. O fator multiplicativo determinado foi de $2,3 \pm 0,5$, significando que o valor do ruído na aorta é aproximadamente 2,3 vezes maior que o valor de ruído no ar em exames clínicos de tórax pediátrico. Esse fator pode variar dependendo da estrutura de referência da região anatômica e coortes avaliadas.

Conclusões: Pode-se considerar 2,3 como um fator de multiplicação para determinar o ruído equivalente na aorta a partir o ruído medido no ar em imagens clínicas de tórax. Para outras regiões anatômicas, como abdome e crânio, a mesma metodologia pode ser implementada para determinar o fator correspondente, pois esse fator pode variar dependendo da estrutura de interesse avaliada.



Tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) em Radioterapia guiada por imagem (IGRT): Dosimetria conforme Relatório TG-111 da AAPM

Oliveira, J. B.¹; Nersissian, D. Y.²; Ribeiro, V. A. B.³, Yoshimura, E. M.²

¹Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

²Departamento de Física Nuclear, Instituto de Física da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

³Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

Contato: jheneferbo@gmail.com

Introdução: A Tomografia Computadorizada de feixe cônico de kV (CBCT) é utilizada para gerar imagens durante a IGRT, a fim de corrigir o posicionamento do volume alvo planejado para o tratamento do paciente. Seu crescente uso vem sendo alvo de preocupações em relação à dose extra recebida pelo paciente, sendo necessária a realização da dosimetria deste feixe, que apresenta características específicas, requerendo uma metodologia distinta da convencional (CTDI). O objetivo deste estudo foi implementar uma metodologia de dosimetria do CBCT, seguindo recomendações do Relatório TG-111 da AAPM (“*American Association of Physicists in Medicine*”).

Materiais e Métodos: A dosimetria foi realizada de acordo com as recomendações do TG-111 (AAPM, 2010), tanto livre no ar, quanto ponderada em *phantom* cilíndrico (32 cm de diâmetro e 45 cm de comprimento), utilizando uma unidade de CBCT, XVI R4.5 do Acelerador linear modelo ElektaAxesse™ (Elekta®) do ICESP – HCFMUSP¹. Ambas as medições foram realizadas no isocentro, para uma câmara de ionização (CI), modelo 10x6-0.6CT (Radcal Corporation®) e uma CI tipo Farmer, modelo TN30013 (PTW-Freiburg GmbH®), para quatro qualidades do feixe (Q1 a Q4), sendo avaliadas para 100 kV e 120 kV, três colimadores (S20, M20 e L20) e dois tipos de filtro (F0-neutro e F1-*bowtie* de alumínio). Para as medições da CI Farmer, foi calculado o fator de calibração cruzada com a CI Radcal através de duas metodologias distintas.

Resultados e Discussões: Notou-se que a qualidade do feixe Q2 (100 kV e F1) com colimador L20, apresentou as menores doses ($3,226 \pm 0,054$; $0,802 \pm 0,022$; $1,021 \pm 0,020$ e $1,014 \pm 0,048$ mGy), enquanto a qualidade Q3 (120 kV e F0) com colimador S20, apresentou as maiores doses ($6,76 \pm 0,11$; $4,20 \pm 0,12$; $4,422 \pm 0,088$ e $4,43 \pm 0,21$ mGy). Os valores obtidos com cada CI se diferem entre aproximadamente 5% e 21%, sendo os da CI Radcal menores. As possíveis causas das discrepâncias serão discutidas. Para o fator de calibração cruzada, os valores de dose obtidos diferem em menos de 1%, entre ambas as metodologias.

Conclusões: Este trabalho apresenta a importância em se avaliar a dose entregue por equipamentos de CBCT, e auxilia na implementação de uma metodologia de dosimetria destes equipamentos, recomendando-se o uso da CI Farmer para tais medições.

Referências bibliográficas

AAPM. **Comprehensive Methodology for the Evaluation of Radiation Dose in X-Ray Computed Tomography (Report of AAPM Task Group 111)**. College Park, MD: American Association of Physicists in Medicine, 2010.

¹Instituto do Câncer do Estado de São Paulo do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

“Gd dose enhancement in PAGAT gel dosimeters irradiated with kilovoltage X-rays evaluated by Magnetic Resonance.”

Fuentealba, M.^{1,2}; Santibáñez, M.^{1,2}

¹ Departamento de Ciencias Físicas, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

² Laboratorio de Radiaciones Ionizantes, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile

Contact: melani.fuentealba@ufrontera.cl

Introduction: Dose enhancement by high Z compounds is a phenomenon that has been studied for its potential benefits in clinical therapy. However, its experimental evaluation still presents great challenges, mainly due to clinical dosimeters limitations. An alternative are gel-type polymer dosimeters that offer the advantage of being able to be infused with the enhancement material. A way to process these dosimeters is MRI. So far, this procedure has been performed with gel dosimeters without adding enhancement components that may alter the dosimetric calculation. The following work reports the process to determine dose enhancement by different Gd concentrations by means of X-ray beam irradiation, using PAGAT and Gd-PAGAT dosimeters processed with T2-weighted MRI.

Materials and Method: Irradiation was performed by manufacture 3 different PAGAT concentrations infused with 0, 10 and 20 mg/ml of Gd, obtaining a total amount of 48 samples. The samples were irradiated in triplicate in a range of 1-7 Gy, half of them with a beam of 50 kVp and the other half with 160 kVp. The MR images were taken in a 1.5 T Philips equipment, using the brain coil. A fixed time TR = 206 ms and different TE times = 2.3; 4.4; 6.5; 8.6; 11 ms were used. It was performed with a FFE sequence to obtain a T2-weighted. Image processing was performed by calculating the transverse relaxation rate (R2) obtained from TE and pixel intensity.

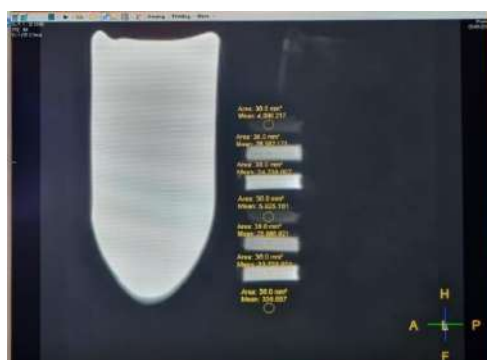


Figure 1: cross-sectional MRI PAGAT and Gd-PAGAT samples irradiated with 50kVp and 160kVp

Results and Discussions: The results obtained indicated that there is dose enhancement for both beam qualities in factors of 1.05-1.30 and 1.31-1.42 for 50 kVp and 160 kVp respectively, which is coincident with results published in the literature.

Conclusions: It is possible to determine, by means of MRI, dose enhancement for both spectrum that agree with the literature. Although MRI allows reconstructions in different planes for sample processing, it is important to determine the correct sequence that delivers the least amount of artifacts in the image to avoid obtaining erroneous results.



A Avaliação da Estabilidade Dosiômica Melhorou a Acurácia de Modelos de Aprendizado de Máquina de Classificação em Radioterapia

Molinari, E.¹; Pavoni, J.¹.

Departamento de Física – Universidade de São Paulo

Contato: evandromolinari@usp.br

Introdução: A radiômica é o processo de extração de múltiplas *features* descritoras de uma imagem. A dosiômica é uma extensão da radiômica baseada na extração de *features* dosimétricas das distribuições de doses dos planejamentos de radioterapia (RT). O presente estudo visa encontrar *features* dosiômicas estáveis extraídas de planejamentos de RT realizados com diferentes técnicas de tratamento (TT) e aceleradores lineares (AL) para serem utilizadas em modelos preditivos.

Materiais e Métodos: O estudo analisou 187 planos de tratamento radioterápico de mama (77), cabeça e pescoço (41), próstata (41) e pulmão (21), realizados nos sistemas de planejamento (TPS) Eclipse e Monaco, com as técnicas de 3D-CRT, IMRT e VMAT, nos AL Halcyon, Synergy e Versa. As 93 *features* foram extraídas do volume alvo do tratamento (PTV) com o 3D Slicer e, posteriormente, avaliadas sua estabilidade através do coeficiente de variação (CV), com três *thresholds* ($CV < 0.05$, $CV < 0.20$ e $CV < 0.30$). Os algoritmos de predição *Random Forest* (RF), *Decision Tree* (DT) e *K-Nearest Neighbours* (KNN), foram empregues para predizer o (TPS), sítio anatômico (SA) e AL usando as *features* estáveis com os três *thresholds*.

Resultados e Discussões: DT e RF classificaram o TPS usado com 100% de acurácia (A) para todos os valores de CV e o KNN teve melhor desempenho ($A=92\%$) para $CV < 0.05$. Para classificar AL, DT performou melhor ($A=77\%$) com $CV < 0.20$, RF ($A=73\%$) com $CV < 0.30$ e KNN ($A=71\%$) com $CV < 0.05$. Para classificar SA, os melhores resultados foram para DT ($A=84\%$), RF ($A=89\%$) e KNN ($A=66\%$) com $CV < 0.30$.

Conclusões: A escolha de diferentes valores de *threshold* de estabilidade para as *features* dosiômicas reduziu a quantidade de dados de *input* dos algoritmos de predição, influenciando ainda na sua capacidade preditiva.

Análise Comparativa de Modelos Matemáticos no Desenvolvimento de um Algoritmo *Pencil Beam* para Protonterapia

Branco, I. S. L.¹; Siqueira, P. T. D.¹; Shorto, J. M. B.¹; Yoriyaz, H.¹

¹Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) – São Paulo, SP, Brasil

Contato: isabelabranco@usp.br/isabela.slbranco@gmail.com

Introdução: Em protonterapia, a distribuição de dose é calculada por meio de algoritmos analíticos, como o Algoritmo *Pencil Beam* (PBA), que requer a estimativa de parâmetros para a fluência no ar e dose na água. Este estudo utilizou o código TOPAS para modelar o feixe e analisou a influência dos modelos matemáticos no cálculo de dose com o PBA.

Materiais e Métodos: Simulações com o TOPAS calcularam a fluência no ar, dose elementar na água e dose de referência para prótons de 187 MeV. Três distintos modelos matemáticos parametrizaram a distribuição de fluência no ar e cinco a dose elementar na água, resultando em 15 convoluções que foram comparadas com a dose de referência. A Figura 1 apresenta as diferenças relativas de dois dos resultados obtidos.

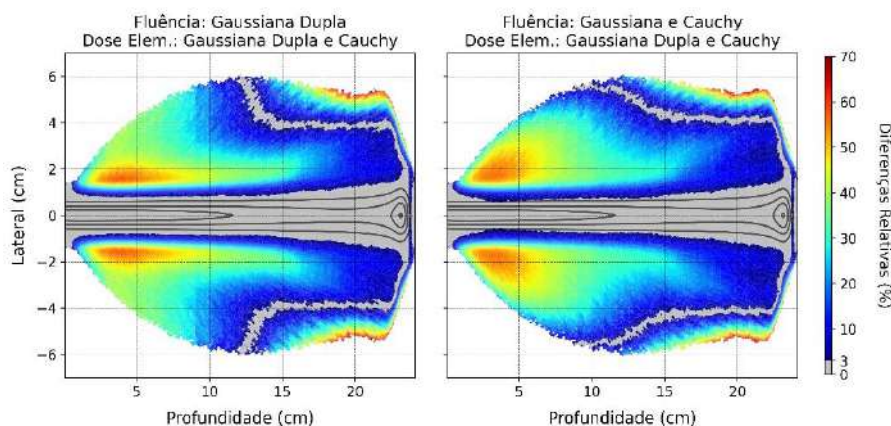


Figura 1. Diferenças relativas entre duas distintas convoluções e a distribuição de dose de referência obtida diretamente com o TOPAS.

Resultados e Discussões: Entre as convoluções realizadas, destaca-se a que utilizou a fluência ajustada com a Gaussiana Dupla e a dose elementar com a Gaussiana Dupla e Cauchy. Essa convolução apresentou pequenas diferenças relativas nas doses laterais de entrada do feixe e menores diferenças quando comparadas aos outros modelos.

Conclusões: A precisão dos cálculos de dose no PBA é grandemente influenciada pela escolha dos modelos matemáticos para parametrizar a fluência e dose elementar, especialmente para baixas doses (distantes do eixo central).

Análise da fluência de fótons de um feixe direto para construção de um modelo de fonte virtual de um acelerador linear clínico em Monte Carlo

Souza, C. H.¹; Granja, A. A. C.¹; Antunes, P. C. G.; Shorto, J. M. B.¹; Yoriyaz, H.¹

Centro de Engenharia Nuclear do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares –
Universidade de São Paulo

Contato: chsouza@usp.br

Introdução: Utilizando o espaço de fase (*phsp*) de um acelerador CyberKnife IRIS 60 mm, este trabalho analisa as características do espectro de fótons do feixe direto (não espalhado) no eixo central do equipamento, visando reconstruir a distribuição de fótons de *bremsstrahlung*, originados no alvo espesso de tungstênio do equipamento, para modelagem de uma fonte virtual de um linac utilizando simulações de Monte Carlo.

Materiais e Métodos: A partir do código MCNP6, estimou-se a distribuição da fluência de fótons originados: 1) pelo *phsp* da IAEA; 2) por um modelo composto de um feixe monoenergético de elétrons incidindo sobre um alvo espesso de tungstênio, com e sem a presença de um filtro de chumbo. A fluência foi estimada no ar, sob um SSD de 80 cm, pelo uso de um voxel na forma de um cilindro de 2 cm de raio e 0.2 cm de altura.

Resultados e Discussões: Pela Figura 1, nota-se a possibilidade de reproduzir o espectro de fótons do feixe direto de um linac, a partir de um feixe elétrons incidindo sobre um alvo espesso de tungstênio, com boa aproximação. Vale ressaltar que o modelo não leva em consideração os fótons gerados pela interação da radiação com os demais componentes do cabeçote do linac, o que poderia gerar algum nível de divergência na fluência de fótons de baixas energias.

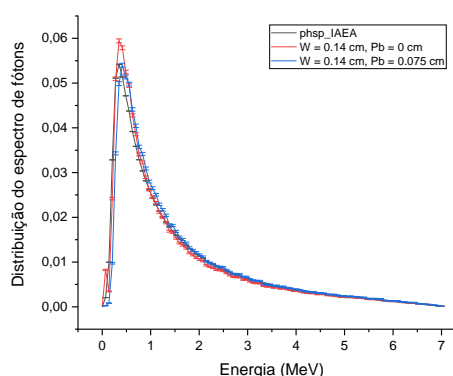


Figura 1: Distribuição normalizada do espectro de fótons, simulada em MCNP6, para três configurações distintas

Conclusões: A partir do modelo apresentado, conclui-se que a utilização do espectro gerado no feixe direto de um linac sem filtro aplainador pode ser uma boa aproximação para modelagem computacional em Monte Carlo de uma fonte de radiação virtual de um linac com *phsp* disponível.

Análise de sistemas espacialmente fracionados para estudos em radiobiologia

Souza, L.R.¹; Godoi, G.F.¹; Nicolucci, P.¹

¹Departamento de Física– Universidade de São Paulo

Contato: leeticiasouzah@usp.br

Introdução: A radioterapia convencional irradia o volume alvo de maneira homogênea, desconsiderando a influência do microambiente desse tumor. Por outro lado, a terapia espacialmente fracionada (SFRT) busca estabelecer uma configuração com um gradiente de dose, em que algumas regiões são irradiadas e outras são blindadas pelo colimador. Este trabalho estudou diferentes estruturas de um colimador para SFRT visando encontrar a configuração adequada para um arranjo de irradiação para estudos em radiobiologia.

Materiais e Métodos: Utilizou-se a Simulação Monte Carlo, a partir do pacote PENELOPE v.2014, para realizar as simulações das distribuições de doses dos colimadores. O espectro de um feixe de 100 kVp foi utilizado nas simulações. Foram simulados colimadores de alumínio com 3,5 cm de espessura, com razões campo/blindagem de 1:0,5 (A); 1:1 (B) e 1:2 (C), sendo o campo circular de 3 mm de diâmetro para cada furo.

Resultados e Discussões: A Figura 1 mostra os mapas de distribuição de doses obtidas para os colimadores A, B e C, respectivamente. A partir dos perfis de dose, obtidos no plano perpendicular ao eixo central do feixe para cada colimador, obteve-se as porcentagens para as razões pico-vale de 42,6%, 19,1% e 9,1%.

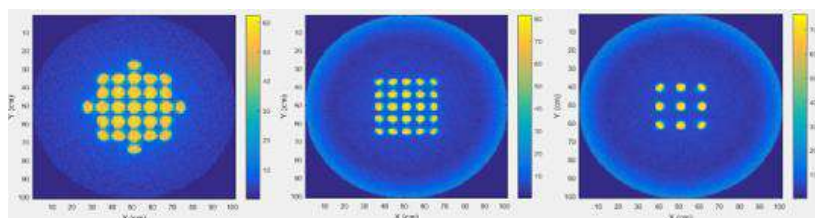


Figura 1: Distribuição da dose para os colimadores A, B e C, respectivamente.

Conclusões: As áreas blindadas receberam uma maior porcentagem de dose para o colimador A. Dessa forma, os colimadores B e C se apresentam mais adequados para o objetivo da técnica empregada e seus efeitos esperados.

APRIMORAMENTO DE UM SIMULADOR ANTROPOMÓRFICO BASEADO EM IMPRESSÃO 3D PARA DOSIMETRIA EM RADIOTERAPIA DE OLHO

Fidelis, A.¹; Maciel, M.¹; Pereira, D.²; Rosa, L.³; Cardoso, S.¹

¹Instituto de Física – Universidade Federal do Rio de Janeiro

²Hospital Quinta D’Or – Rede D’Or São Luiz

³Instituto de Radioproteção e dosimetria – Comissão Nacional de Energia Nuclear

Contato: malumirmaciel@gmail.com

Introdução: Os atuais simuladores antropomórficos comerciais não reproduzem com detalhes o aparelho ótico e não permitem a inserção de dosímetros nesta região, o que dificulta o planejamento da radioterapia para câncer ocular. Em um trabalho anterior do grupo, foi desenvolvido e validado um simulador utilizando impressão 3D para permitir a dosimetria em órgãos associados ao aparelho ótico. O objetivo desse trabalho é aprimorar o simulador mencionado, visando garantir a reprodutibilidade, adicionando a capacidade de movimentação do olho e realizando a inserção de filmes dosimétricos.

Materiais e Métodos: Adicionou-se ao simulador prévio um suporte na base do globo ocular, de forma que é possível a movimentação horizontal de $\pm 5^\circ$ do olho e garante a reprodutibilidade de sua posição. A dosimetria ocorre por meio do uso de dosímetros termoluminescentes (TLDs) posicionados em regiões de interesse, como cristalino e nervo óptico. Em outra peça, foram realizadas inserções de filmes radiocrômicos ao longo do nervo óptico e em um plano transversal passando pelo centro do olho.

Resultados e Discussões: Com a adaptação do simulador, espera-se obter valores reprodutíveis de dose considerando a movimentação do olho durante a terapia.

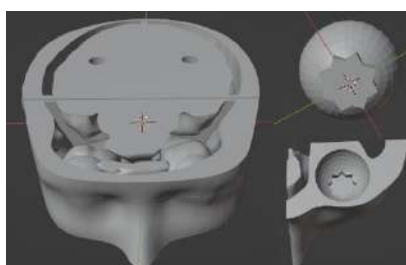


Figura 1: Visão do simulador através do software Blender

Conclusões: O simulador planejado foi impresso de acordo com o trabalho desenvolvido.



Avaliação da atribuição de densidade eletrônica específica para artefatos em planejamentos 3D de radioterapia de mama e cabeça e pescoço

Dias, G.^{1,2}; Emiliozzi, C.²; Sampaio, C.^{1,2}

¹Instituto do Câncer do Estado de São Paulo Octavio Frias de Oliveira

²Departamento de Radiologia e Oncologia, Hospital das Clínicas HCFMUSP

Contato: giovanna.d@hc.fm.usp.br.br

Introdução: Imagens de tomografia computadorizada podem apresentar artefatos na presença de materiais de alto número atômico (Z), acarretando em imprecisão no cálculo de dose no sistema de planejamento (TPS) na radioterapia. O uso da ferramenta para atribuir determinada densidade eletrônica (ED) nessas regiões é controverso na literatura. O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da aplicação dessa ferramenta em planos de tratamentos radioterápicos.

Materiais e Métodos: 10 planos de tratamentos clínicos de mama e 10 de cabeça e pescoço com artefatos em suas imagens (causados por expansores de mama e implantes dentários, respectivamente) foram calculados com e sem atribuição de ED específica na região do artefato e sua distribuição de dose avaliada. Todos os planejamentos utilizaram técnica 3D Field-In-Field, as imagens foram adquiridas em um tomógrafo Philips® de 12 canais, 120 kV, 350 mA e espessura de corte de 3 mm. O cálculo foi realizado no Mônaco®, versão 6.00.01 com algoritmo Collapsed Cone.

Resultados e Discussões: Os planejamentos foram avaliados de acordo com histograma de dose volume (DVH) para as doses de 95% e 90% da prescrição (D95% e D90%, respectivamente). A tabela 1 apresenta os resultados da média dos desvios absolutos encontrados e a média do desvio padrão entre os planejamentos, com ED atribuída e sem para os planejamentos de mama. A tabela também apresenta os resultados do teste de hipótese T (Teste T), considerando uma distribuição bicaudal de variáveis pareadas.

	Média desvio absoluto (%)	Média desvio padrão (%)	p value
D95%	0,0014	0,0010	0,0254
D90%	0,0002	0,0002	0,0786

Tabela 1. Resultados estatísticos dos planejamentos avaliados

Conclusões: Não foram encontradas diferenças significativas entre planejamentos com ED atribuída ou não para D90%. Já para D95% o valor $p < 0.05$.



Avaliação da Precisão Geométrica no Tratamento de Múltiplos Alvos Utilizando o Sistema de Radiocirurgia Robótica CyberKnife

Cardoso, P. H. B.; Jesus, G. R. S.; Groppo, D. P.

Hospital Vila Nova Star – São Paulo, SP

Contato: pedro.cardoso@oncologiadador.com.br

Introdução: O sistema de radiocirurgia robótica CyberKnife® é composto por um acelerador linear movido por um braço robótico, capaz de direcionar o feixe de radiação de forma não-isocêntrica com correções residuais sub-milimétricas. Este sistema possibilita a irradiação de múltiplos alvos em um único tratamento com pouca influência de erros de setup residuais. Neste trabalho, avaliamos a precisão geométrica do tratamento de múltiplos alvos e a influência causada pela introdução de erros de setup.

Materiais e Métodos: Dois tratamentos de 4 lesões foram planejados em 2 fantasmas, sendo um fantoma de placas de águas sólida com filme Gafchromic™ EBT3 e outro contendo uma matriz de detectores de alta resolução (SRS MapCHECK®). Os tratamentos apresentam um alvo central e 3 alvos periféricos com diferentes distâncias relativas ao alvo central (variando entre 24,5mm e 100mm). A diferença entre a posição de dose entregue e esperada dos alvos periféricos relativos ao alvo central foi avaliada. Um tratamento foi entregue com grandes erros de setup intencionais (1cm de translações e 1° de rotações) para avaliar a influência das correções robóticas na precisão de entrega.

Resultados e Discussões: A Tabela 1 ilustra os desvios encontrados, sendo o desvio máximo de 0,32mm, sem proporcionalidade com a distância ao alvo. A entrega contendo desvios de setup não mostrou diferença com a entrega padrão usando um DTA de 0,1mm.

Tabela 1: Desvios geométricos de entrega de dose nos alvos periféricos em relação à distância ao alvo central

Detector	SRS MapCHECK			Filme EBT3		
Distância (mm)	24,5	31,5	39,6	50,3	71,1	100,1
Desvio (mm)	0,21	0,06	0,10	0,00	0,18	0,32

Conclusões: O sistema CyberKnife® apresentou excelente precisão geométrica em tratamentos de múltiplos alvos, mesmo com a introdução de erros de setup.

Avaliação do parâmetro de impacto da função paralela do TPS Monaco

Camargo, André V.¹; Oliveira, Diego da S¹; Loures, Guilherme¹; Ferreira, Thamires T¹;

Departamento de Radioterapia – Hospital de Amor¹

Contato: andre_cno@yahoo.com.br

Introdução: A utilização de funções biológicas de otimização são particularmente atrativas para as técnicas de Radioterapia de Intensidade Modulada. O sistema de planejamento Monaco possui a função biológica paralela que requer a inserção de três parâmetros: “*Reference Dose (EUD)*”, “*Mean Organ Damage (MOD)*” e “*Power Law Expoent (k)*”. O objetivo deste trabalho foi avaliar a função biológica paralela através da variação do parâmetro k .

Materiais e Métodos: O seguinte trabalho foi planejado e otimizado no Monaco na versão 6.1.1. Foram feitos planos com dois arcos de tratamento em um fantoma de água cilíndrico contendo uma estrutura alvo e uma simulando o órgão de risco (OAR), todas cilíndricas com 5.0 cm e 2.0 cm de diâmetro, respectivamente, com 0,5 cm de intersecção. A dose de prescrição no alvo foi de 60 Gy. As funções custos e a normalização do alvo foram fixos em todos os casos. No OAR foi utilizada a função biológica paralela, variando EUD (20-50Gy) e o k (1-4). Foram coletados o V60Gy, V52Gy, V48Gy, V40Gy, V30Gy, V20Gy e V10Gy do OAR, o IC e o D_{máx} no alvo.

Resultados e Discussões: Nos gráficos da Figura 1 observa-se que $k=1$ reduz doses baixas no OAR e isso melhora para EUD maiores. Além disto, para $k=4$, a função biológica concentra ação nos valores restritivos de dose e percentual de volume, assemelhando-se a uma função física baseada em dose-volume.

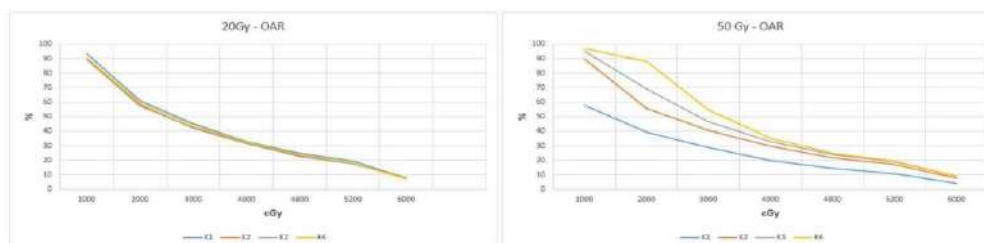


Figura 1: Comparação do parâmetro “ k ” no DVH para 20 e 50 Gy no OAR

Conclusões: Os planejamentos otimizados com $k=1$ são significativamente superiores, no que tange à redução de doses baixas no OAR.

Avaliação do uso de nanopartículas de ouro em aplicações de braquiterapia de HDR com ^{192}Ir : Uma simulação por Monte Carlo

Alba, S.¹; Santos R.R.²; Trombini, H.¹; Pianoschi, T. A.¹; Alva-Sánchez, M. S.¹.

Grupo de Física Médica Experimental e Computacional (FMEC), Bacharelado em Física Médica – Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre (UFCSPA)

Contato: Samuel.alba@ufcspa.edu.br

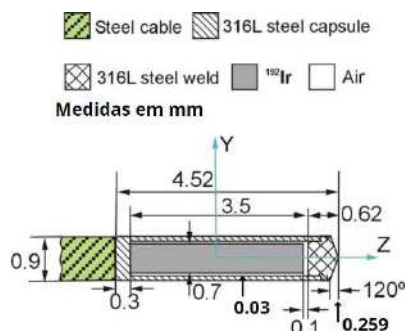
Introdução: Em um tratamento de braquiterapia, a fonte de radiação é posicionada próximo ao volume tumoral, ainda assim os tecidos sadios adjacentes são irradiados, limitando, a quantidade de radiação que um paciente pode receber. Nanopartículas de ouro (AuNPs) podem atuar como radiosensibilizadores, devido ao aumento na seção de choque associado ao espalhamento fotoelétrico e consequentemente na emissão de elétrons de baixa energia. O objetivo deste trabalho é estimar o fator de aumento de dose (DEF) devido à presença de AuNPs irradiadas com uma fonte de braquiterapia de ^{192}Ir , por meio de simulação Monte Carlo PENELOPE.

Materiais e Métodos: Uma fonte de ^{192}Ir , utilizada para o tratamento de tumores ginecológicos foi modelada considerando seu espectro de radiação caracterizado por 22 linhas de emissão de fótons, com 82,9% de emissão de fótons de 316,5 keV, a imagem referente a geometria da fonte é observada ao lado.

É utilizado nas simulações uma ou várias células de padrão semirealística com distâncias variando de 0 a 1 cm da fonte, com AuNPs em múltiplas distribuições. Verificamos a efetividade do uso das AuNPs através do DEF associado entre as simulações.

Resultados e Discussões: A fonte simulada foi validada pelo erro médio associado em comparação com os dados clínicos do Hospital Santa Casa de Misericórdia, obtendo uma acurácia de 95,6%. Ademais, foi analisado que há dificuldade de simulações com célula unitária semirealística e AuNP nanométricas, devido a resolução espacial da simulação.

Conclusões: Com base no que foi observado, os estudos futuros utilizarão geometrias em maiores escalas com aplicação no exame ginecológico e ajuste de fatores de correção para estimar a dose na escala nanométrica, fazendo validação computacional.



Avaliação dosimétrica de colpostatos de braquiterapia ginecológica produzidos a partir de impressão 3D

Xavier Filho, J.M.¹; Fontana, J.M.¹; Gomes, J.S.S.¹; Batista, D.V.S.²; Bardella, L.H.¹

¹ Instituto Nacional de Câncer - INCA, RJ, Brasil.

² Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD/CNEN, RJ, Brasil.

Contato: marquesxavierjoel@gmail.com; jumarfon@gmail.com

Introdução: Os aplicadores mais utilizados em braquiterapia ginecológica são a sonda e os colpostatos, e a impressão 3D destes acessórios é interessante devido à facilidade, baixo custo e, após validado, poderia atender um número maior de pacientes. Os objetivos do trabalho são obter colpostatos de tamanho mini e pequeno a partir de impressão 3D, compará-los dosimetricamente com seus modelos comerciais, e validar o sistema de irradiação com colpostatos comerciais de tamanho médio e grande.

Materiais e Métodos: Os colpostatos de tamanho mini e pequeno foram tomografados e suas superfícies externas foram identificadas para a impressão 3D. Foram realizadas leituras de corrente elétrica utilizando uma câmara de ionização do tipo Baldwin-Farmer, posicionada na superfície dos colpostatos de modelo impresso e comercial, e comparados os resultados. Também foram realizadas irradiações com pares dos colpostatos comerciais médio e grande para validar o sistema de irradiação. A Figura 1 ilustra as etapas descritas anteriormente.



Figura 1: Impressora 3D e colpostato modelado (sup.esq.); colpostato mini impresso (sup.dir.); sistema de irradiação (inf.esq.) e posicionamento detector-aplicador (inf.dir.).

Resultados e Discussões: Os colpostatos de tamanho mini e médio apresentaram leituras com diferença percentual máxima de +2,13% utilizando os modelos impressos e os comerciais. As diferenças percentuais máximas de leituras utilizando os pares de colpostatos médio e grande foram de $\pm 0,04\%$, resultado esperado para colpostatos de composição similares e que validam o sistema de irradiação.

Conclusões: A diferença percentual máxima de +2,13% entre as leituras utilizando os colpostatos impressos com tecnologia 3D e os modelos comerciais sugere a possibilidade dosimétrica de utilização desta ferramenta para o desenvolvimento destes colpostatos.

Avaliação dosimétrica de um aplicador para tratamento de lesões superficiais de pele em HDR utilizando filmes EBT3.

Juan C. Lamônica¹, Luciana B. Nogueira², Jony M. Geraldo^{2,3,4}, Clara B. Nascimento³,
Fernanda M. Bastos³, Arnoldo Mafra³ Adriana S. M. Batista^{1,2}

¹Departamento de Engenharia Nuclear – UFMG, Belo Horizonte/MG

²Departamento de Anatomia e Imagem – FM/UFMG, Belo Horizonte/MG.

³Hospital Luxemburgo - Instituto Mário Penna, Belo Horizonte, MG, Brasil.

⁴Hospital Alberto Cavalcanti/FHEMIG, Belo Horizonte/MG

Contato: juanccl@ufmg.br

Introdução: A braquiterapia é uma modalidade de tratamento radioterápico que utiliza fontes radioativas posicionadas no interior de tumores. O objetivo deste trabalho é fazer uma avaliação dosimétrica de um aplicador que foi desenvolvido para o tratamento de lesões de pele, tais como, quelóides.

Materiais e Métodos: Na avaliação dosimétrica foi utilizada uma fonte de ¹⁹²Ir de um equipamento de HDR modelo *Nucletron Digital V3*, filmes radiocrômicos *Gafchromic™* EBT3, fantoma de água sólida *Gammex® 457* e o aplicador desenvolvido. O TPS utilizado foi o *OncentraBrachy 3D* versão 4.3. Para leitura dos filmes foi utilizado o *scanner* Epson Expression®10000XL e os softwares ImageJ e Origin® para aquisição e tratamento de dados.

Resultados e Discussões: As irradiações seguiram dois planejamentos: um com e outro sem otimização, com dose de 500 cGy na superfície do aplicador. A distribuição de dose em um comprimento de 10 cm do aplicador é mostrada na Fig. 1.

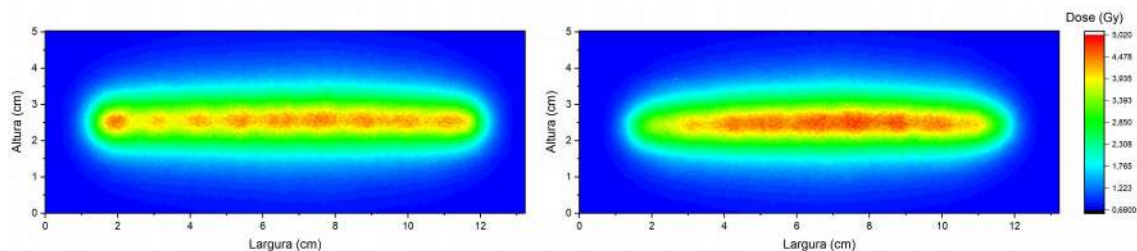


Fig. 1 – Mapa de dose para o planejamento otimizado (*esq.*) e não otimizado (*dir.*).

Conclusões: Este trabalho mostrou que o aplicador desenvolvido atingiu seus objetivos do ponto de vista dosimétrico, gerando no filme EBT3 a dose planejada pelo TPS. No tratamento otimizado há uma melhor homogeneização da dose ao longo do aplicador.



Avaliação Dosiômica das Técnicas 3D, IMRT e VMAT de Radioterapia

Molinari, E.¹; Pavoni, J.¹.

Departamento de Física – Universidade de São Paulo

Contato: evandromolinari@usp.br

Introdução: A radiômica é o processo de extração de múltiplas *features* descritoras de uma imagem. A dosiômica é uma extensão da radiômica baseada na extração de *features* dosimétricas das distribuições de doses das imagens de pacientes de radioterapia. Estudos foram realizados analisando as potenciais fontes de variação das *features* dosiômicas, no entanto, pouco se sabe sobre sua variabilidade com relação ao uso de diferentes técnicas de tratamento radioterápico. Desta forma, a proposta deste estudo é avaliar a variabilidade dosiômica comparando as técnicas de 3D-CRT, IMRT e VMAT, através da estabilidade das *features* dosiômicas.

Materiais e Métodos: O estudo analisou 187 planos de tratamentos de radioterapia para 4 sítios anatômicos diferentes: mama (77), cabeça e pescoço (41), próstata (41) e pulmão (21); realizados nos sistemas de planejamento Eclipse e Monaco, com as técnicas de 3D-CRT, IMRT e VMAT, nos aceleradores lineares (AL) Halcyon, Synergy e Versa. As 93 *features* foram extraídas do PTV utilizando o 3D Slicer e, posteriormente, avaliadas com relação a sua estabilidade através do coeficiente de variação (CV), considerando que *features* com $CV < 0.3$ são estáveis.

Resultados e Discussões: O sítio anatômico da próstata e os planejamentos realizados no AL Synergy foram os que mais apresentaram *features* dosimômicas estáveis. Para os planejamentos de próstata realizados no Synergy a quantidade de *features* estáveis produzidas para planos 3D-CRT, IMRT e VMAT, foi de 18, 20 e 25, respectivamente.

Conclusões: Foi observado que as variações das *features* dosiômicas são sensíveis à técnica radioterápica empregada e ao AL usado para planejamento.

Referências bibliográficas

Placidi L., *et al*: On dose cube pixel spacing pré-processing for features extraction stability in dosiomic studies. **Physica Medica**. v. 90, p. 108-114, 2021.



Calibração, Verificação e Validação do sistema *IVD Solutions* para dosimetria *in vivo* em Irradiação de Corpo Total (TBI)

Ribeiro, L.T.N.; Baptista, L.; Radicchi, L.; Próspero, A.G;

Grupo RTCON – Consultoria em Radioterapia

Contato: leticia@gruportcon.com

Introdução: O planejamento do tratamento de Irradiação de Corpo Total (TBI, do inglês *Total Body Irradiation*) tem como principal objetivo entregar uma dose uniforme em todo o corpo do paciente com uma heterogeneidade de $\pm 10\%$ da dose de prescrição. Devido às incertezas inerentes da metodologia de cálculo e variações no posicionamento do paciente, é desejável ter uma técnica de medição *in vivo* para garantir a qualidade do tratamento. Neste contexto, o presente trabalho teve por finalidade implementar e validar um sistema de dosimetria *in vivo* em tratamentos de TBI realizados no Grupo de Apoio ao Adolescente e à Criança com Câncer (GRAACC), descrevendo o processo de calibração, testes preliminares de verificação de desempenho do sistema e validação da metodologia adotada.

Materiais e Métodos: Utilizando o sistema *IVD Solutions* da fabricante *Sun Nuclear* e um *setup* de referência com um fantoma constituído por placas de PMMA (acrílico polimetilmetacrilato), foram calibrados dois diodos correlacionando a dose medida com uma câmara de ionização no centro do fantoma e a leitura realizada pelos diodos posicionados na sua superfície. Após a calibração, foram realizados testes de sinal de fuga, repetibilidade, linearidade da resposta com acúmulo de dose e variação da leitura com a taxa de dose. Por fim, foram realizadas medidas de validação da metodologia empregada, variando a espessura e comprimento do fantoma.

Resultados e Discussões: O sistema *IVD* apresentou bons resultados em todos os testes de verificação; com 0,1% de sinal em fuga, 0,05 de desvio padrão no teste de repetibilidade, resposta linear com o acúmulo de dose ($R=1$) e uma razão de 1,01 entre a leitura com a taxa de dose máxima e mínima. Na etapa de validação, o valor médio da diferença entre a dose esperada e a dose medida, foi de -0,3% e -0,1% para os diodos A e B, respectivamente, com um valor máximo de 0,7% e valor mínimo de -1%.

Conclusões: O sistema *IVD* e a metodologia empregada para sua calibração apresentaram resultados satisfatórios nos testes de verificação e validação, podendo ser empregado no rotina de dosimetria *in vivo* em tratamentos de TBI no GRAACC.



Comparação das doses depositadas por diferentes modelos de placas de Rutênio-106 em braquiterapia oftalmológica

Balczareki, G.¹; Ramon, P.¹; Quevedo, A.²; Pianoschi, T.¹;

¹ Curso de bacharelado em Física Médica – Universidade de Ciências da Saúde de Porto Alegre – UFCSPA, Porto Alegre, RS, Brasil.

² Departamento de Ciências de Saúde – Universidade do Oeste Paulista – UNOESTE, Jaú, SP, Brasil.

Contato: gabriela.balczareki@ufcspa.edu.br;

Introdução: O controle dos tumores de úvea, retinoblastomas e metástases oculares pode ser feito por meio da braquiterapia, a qual utiliza fontes radioativas para a irradiação do bulbo ocular com o objetivo de controlar o volume tumoral e preservar as regiões sadias. Tem-se como objetivo comparar a deposição de dose de duas placas diferentes (CCA e CCB) de fonte de Ru-106 em braquiterapia oftalmológica.

Materiais e Métodos: Utilizou-se simulações Monte Carlo PENELOPE para determinar as distribuições de dose em tratamentos de braquiterapia oftalmológica utilizando duas placas de Ru-106, modelos CCA e CCB. Os diâmetros das placas são 15,3 mm para a CCA e 20,2 mm para a CCB. Ambos os modelos são indicados para o tratamento de melanoma uveal e possuem espessura total de 1 mm, sendo esta constituída de um suporte de 0,8 mm de prata e de 0,2 mm de um filme de Ru-106.

Resultados e Discussões: A análise dos resultados de dose relativa permitiu observar que comparando ambas as placas obteve-se para o primeiro ponto fora da fonte e para uma distância de 1 cm : Em relação ao eixo x, uma diferença de 17,5 p.p e de 11,7 p.p; Em relação ao eixo y, uma diferença de 14,6 p.p e de 11,71 p.p. Já em relação ao eixo z, a maior diferença de dose encontrada foi de 5,5 p.p a uma distância de 2,2 cm. Além disso, a placa com maior deposição de dose encontrada foi a CCB, em todos os eixos.

Conclusões: Pode-se validar o código Monte Carlo para a análise de deposições de dose em diferentes modelos de placas de braquiterapia oftalmológica. Ademais, conclui-se que há uma influência do diâmetro da placa na deposição de dose relativa, sendo aquela com maior diâmetro (modelo CCB) a que deposita maior dose.



Comparação dosimétrica de diferentes suavizações na IMRT de mama

Zaratim, G. R. R.^{1,2}; Santos, L. B.³; Reis, R. G.¹; Gomes, M. M. F.¹; Mendes, C. J. R. S.¹; Silva, L. F. O.²

¹Departamento de Engenharia Biomédica– Universidade de Brasília; ²CONFIAR Radioterapia; ³Instituto de Física – Universidade Federal de Goiás

Contato: giulianrivelli@gmail.com

Introdução: Um fator importante a ser avaliado na Radioterapia de Intensidade Modulada é o balanço entre a complexidade e a qualidade dosimétrica do plano. Uma das formas de se variar o grau de modulação de um plano de tratamento é a alteração nos níveis de suavização da movimentação das lâminas nas direções X e Y. Dessa forma, o objetivo do trabalho é avaliar as diferenças dosimétricas entre planos de tratamento gerados com diferentes valores de suavização para a Radioterapia de mama.

Materiais e Métodos: Para 10 pacientes por lateralidade (direita e esquerda), foram gerados 4 planos automáticos utilizando o *Eclipse Scripting Application Programming Interface* (Varian Medical Systems) com 4 combinações de pesos de suavização diferentes, mantendo a proporção 4:3 entre as direções X e Y, com valores de X de 40, 100, 150 e 200, para o protocolo de hipofracionamento (40,05 Gy em 15 frações). O peso máximo atribuído nos outros requerimentos de otimização foi de 120. Os parâmetros dosimétricos dos planos foram coletados e o teste de Wilcoxon pareado foi aplicado.

Resultados e Discussões: Em relação à suavização padrão (40 em X e 30 em Y), as medianas dos parâmetros de cobertura de dose e da dose pontual máxima reduziram com o aumento da suavização; entretanto, para esses parâmetros, não houve significância estatística quando a suavização em X foi igual a 100. Além disso, com exceção do V8 para o coração na lateralidade direita e do V4 para o pulmão contralateral para ambos os lados, as medianas das doses recebidas pelos órgãos de risco foram maiores com o aumento da suavização; nota-se que, com exceção da dose máxima na mama contralateral, todas as diferenças foram significativas para a suavização em X igual a 150 e 200, mas o mesmo não ocorreu para a suavização de 100.

Conclusões: Foi observado que diferenças significativas nos parâmetros dosimétricos no tratamento de mama decorrentes da variação dos níveis de suavização do movimento das lâminas são mais frequentes com valores de suavização maiores do que 100 no eixo X.

Desempenho comparativo do código MCNP na simulação de diferentes tamanhos de feixes de irradiação de fótons de 6 MeV em solução Fricke para Física Médica.

Pereira, J. J. ^{1*}; Tavares, P.V. ²; Yoriyaz, H. ¹; Rodrigues Jr, O. ²; Campos, L. L. ²

¹ Centro de Engenharia Nuclear – IPEN, Universidade de São Paulo (USP/SP)

² Centro de Metrologia das Radiações – IPEN, Universidade de São Paulo (USP/SP)

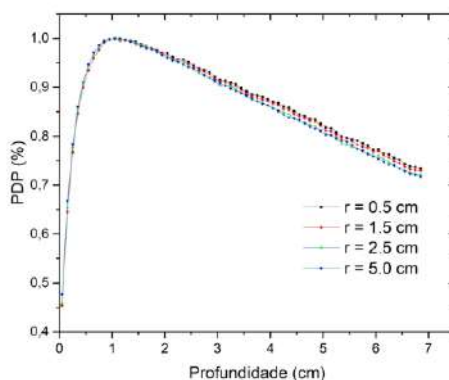
Contato: juliojose-jj@live.com

Introdução: A escolha do tamanho do feixe de radioterapia depende do volume alvo do tratamento. Feixes menores são utilizados com o objetivo de reduzir a dose em tecidos saudáveis circundantes. A solução Fricke gel é um material ideal para uso como phantom e dosimetria em radioterapia devido à sua densidade próxima à da água e capacidade de aumento da concentração de Fe^{3+} com irradiação. O MCNP é um código amplamente utilizado para simulação de transporte de radiação e será utilizado em um estudo comparativo em simulações de diferentes tamanhos de feixes de irradiação de fótons de 6 MeV em solução Fricke. O objetivo é avaliar sua eficiência e precisão para essa aplicação.

Materiais e Métodos: Este estudo utilizou simulações de Monte Carlo com o código mencionado anteriormente, na versão 6.2, para modelar uma fonte em formato de disco com raios de 0,5 cm, 1,5 cm, 2,5 cm e 5,0 cm, apresentando um espectro contínuo de 6 MeV e direção única, localizada a 100 cm de distância do alvo. O alvo consistiu em um cilindro de PET com 7 cm de comprimento, 2,5 cm de raio e 0,05 cm de espessura, preenchido com solução Fricke gel. A grandeza de interesse foi avaliada por meio do tally *F8, que mediu a deposição de energia em MeV em cada um dos 69 pontos no interior do alvo.

Resultados e Discussões:

Figura 1: Curva de perfil de dose em função da profundidade.



A curva de perfil de dose por profundidade da solução Fricke simulada mostra uma proximidade entre as regiões de *build up* das simulações. Isto representa que as regiões de interações dos fótons com a solução não variaram.

Conclusões: O resultado apresenta uma proximidade na região de *build up* que é de interesse com o objetivo de manter a dose máxima na distância do volume alvo preservando volumes adjacentes. Para validação e comparação, as simulações poderão ser repetidas com a ferramenta de Monte Carlo TOPAS.

Desenvolvimento de Nanocintiladores para Aplicação em Terapia Fotodinâmica Combinada à Radioterapia

LESSA, J.V.V.; GUIDELLI, E. J.

Departamento de Física – Universidade de São Paulo

Contato: jvlessa@usp.br

Introdução: A terapia fotodinâmica se utiliza de um fotossensibilizador, que exposto à luz visível, gera moléculas citotóxicas capazes de provocar a morte celular. Vários estudos mostram a eficácia desse processo em células neoplásicas. A luz visível apresenta baixa penetração nos tecidos, porém, a incorporação de nanopartículas cintiladoras que ativam a terapia na presença de raios X permite o tratamento de tumores profundos. Assim, o objetivo do presente estudo é caracterizar e funcionalizar nanopartículas que possam gerar moléculas citotóxicas de maneira eficiente e específica.

Materiais e Métodos: Nanopartículas de fluoreto de cálcio dopado com térbio ($\text{CaF}_2:\text{Tb}^{3+}$) foram sintetizadas pelo método da decomposição térmica e seu tamanho, morfologia e estrutura cristalina caracterizados por espalhamento dinâmico da luz, microscopia eletrônica de transmissão, difração de raios X e radioluminescência.

Resultados e Discussões: As amostras produzidas possuem alto grau de pureza, tamanhos ideais (20 nm) e boa intensidade de radioluminescência/cintilação (Figura 1).

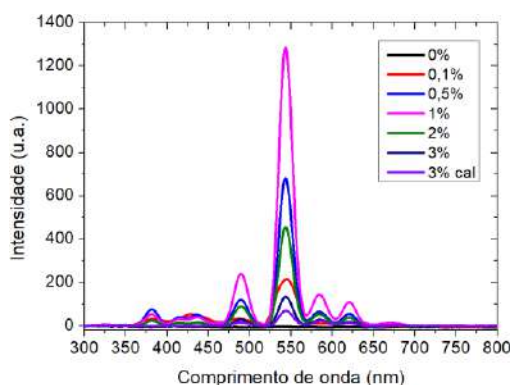


Figura 1 – Intensidade radioluminescente das amostras produzidas

Conclusões: A amostra de 1% possui ótimos resultados de radioluminescência, tamanho e morfologia. Essas nanopartículas serão conjugadas a fotossensibilizadores para verificar a produção de espécies reativas de oxigênio mediante exposição aos raios X.

Desenvolvimento de plataforma de movimentação 2D

Meira, G.¹; Pavoni, J.²

Departamento de Física – Universidade de São Paulo

Contato: gabriel.delgado@usp.br

Introdução: Na radioterapia o tratamento de tumores que variam de posição devido ao movimento respiratório exige o emprego de técnicas para manejo da movimentação. Tumores pulmonares são os principais exemplos a serem citados. O controle de qualidade dessas tecnologias é complexo e mecanismos simuladores desse movimento auxiliam a verificação dosimétrica. Com objetivo de fazer o controle de qualidade de tais técnicas, este trabalho visa desenvolver uma plataforma de baixo custo que se movimenta em duas dimensões simulando o movimento respiratório.

Materiais e Métodos: A movimentação de tumores pulmonares pode ocorrer em até três dimensões [1] com o movimento latero-lateral sendo o de menor amplitude. Dessa forma, desenvolvemos uma plataforma oscilatória para simulação desse movimento respiratório. Para isso utilizamos dois motores independentes e um modulador de largura de pulso (PWM) para controlar a frequência de rotação de cada motor.

Resultados e Discussões: É possível aplicar amplitudes de movimentos de até 45 mm na vertical e 55 mm na horizontal. A frequência máxima de oscilação é limitada pelo motor da movimentação horizontal e é de 3,1 s. Para uma representação fiel da movimentação respiratória é necessária a sincronização manual da frequência de movimentação horizontal e vertical. O custo total dos materiais para produção da plataforma foi menor que R\$500,00.

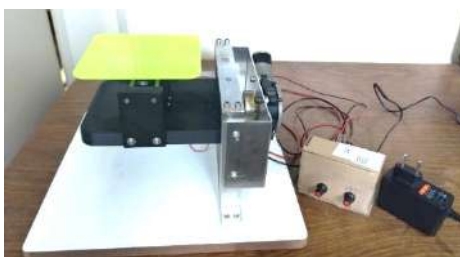


Figura 1: plataforma montada, seus controles de movimentação e fonte.

Conclusões: Uma plataforma que simula o movimento respiratório foi desenvolvida e está apta a ser empregada no controle de qualidade de tratamentos de radioterapia com manejo da respiração quando associada a phantomas adequados.

Referências bibliográficas

1. SEPPENWOOLDE, Yvette et al. Precise and real-time measurement of 3D tumor motion in lung due to breathing and heartbeat, measured during radiotherapy. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, v. 53, n. 4, p. 822-834, 2002.



Desenvolvimento de Programa para Previsão de Resultado de Análise Gama em Medidas de Garantia de Qualidade para Paciente Específico

Vendite, A. C.¹; Santos, W. A. P.¹

¹Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina – Universidade de São Paulo

Contato: alexsander.vendite@hc.fm.usp.br

Introdução: Radioterapia de intensidade modulada permite modulação maior da dose, porém aumenta a carga de trabalho no controle da qualidade. A previsão de índice gama pode agilizar o processo ao tomar conhecimento de uma potencial falha na análise gama a partir do plano. Diversas abordagens para este problema foram publicadas nos últimos anos. Contudo, aquelas que utilizaram atributos predefinidos em planos de tratamento feitos com sistema de planejamento da Elekta evitaram utilizar atributos construídos a partir das taxas de dose de cada ponto de controle. Isto ocorre porque a taxa de dose não é definida nos planos de VMAT desta fabricante, e sim no momento da entrega. Assim, neste trabalho um método foi desenvolvido para estimar as taxas de dose a partir do plano, que foram aplicadas com outras informações para prever o índice gama.

Materiais e Métodos: As taxas de dose foram estimadas a partir de informações do fabricante. A previsão foi feita com aprendizado de máquina por regressão de Poisson com regularização LASSO, modelada com base no trabalho de Jiaqi Li et al.

Resultados e Discussões: O modelo foi treinado e validado com planos de VMAT de quaisquer sítios anatômicos e números de arcos. Os índices gama foram previstos com erros absolutos médios de 1.4 (1.7)% e de 1.4 (1.6)%, para os conjuntos de treinamento e de validação, respectivamente.

Conclusões: A metodologia aplicada foi capaz de prever os índices gama com razoável acurácia, o que valida a implementação e a proposta de estimativa da taxa de dose.

Referências bibliográficas

Jiaqi Li, M.S., *et al*: Machine Learning for Patient-Specific Quality Assurance of VMAT: Prediction and Classification Accuracy. **Int J Radiat Oncol Biol Phys.** v. 105(4), p. 893-902, 2019.

Desmistificando o comissionamento do TSI

Barbosa, J.H.O.¹; Nolasco, A.V¹, Teixeira C.C.¹, Salera B.R.¹, Silveira, A.L.F.²,
Nogueira, M.S.²

¹Serviço de Radioterapia da Santa Casa de Lavras, ²CDTN-CNEN
Contato: jeamharoldo@hotmail.com

Introdução: O comissionamento da técnica de tratamento de toda a pele (TSI) é muitas vezes considerado complexo¹. Contudo, nesse resumo apresentamos a nossa experiência de sucesso e o roteiro para servir de guia para futuros comissionamentos.

Materiais e Métodos: Foram realizados os seguintes passos: -estudo de viabilidade: taxa de dose e energia, geometria e base de TSI; -aquisição dos dados dosimétricos na condição de TSI (medida da PDP no eixo central, heterogeneidade fora do eixo, fatores de calibração da CI, fator dose por fótons e fator rendimento; -Teste end-to-end com filme e simulador; -Dosimetria in vivo com TLD.

Resultados e Discussões: Base de TSI em madeira (Figura1) para o posicionamento do paciente a uma distância 374cm da fonte até a pele. A energia média de elétrons na prof. máxima foi 3,35MeV e a curva de leitura na prof. é mostrado na Figura 2. A heterogeneidade encontrada foi de até 4% na horizontal e 8,5% na vertical. O fator de rendimento para um par de ângulos foi de 0,0559cGy/UM. Todos os valores citados acima estão de acordo com o que é sugerido pelo TG 23 da AAPM e a dosimetria in vivo com TLD confirmou a eficácia do comissionamento de TSI.



Figura 1: Foto da sala com base de TSI e simulador antropomórfico (aumentado).

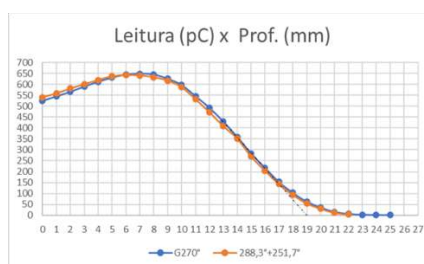


Figura 2: Gráfico da leitura na profundidade Para feixe de 4 MeV na condição de TSI.

Conclusões: O comissionamento de TSI foi realizado com sucesso e em um tempo rápido, o que possibilitou iniciar o tratamento de um paciente após 1 mês. Assim, pretendemos apresentar nossa experiência.

Referências bibliográficas: ¹AAPM report no. 23. Total skin electron therapy: technique and dosimetry. New York: American Institute of Physics, 1987.



Detecção Automática do Teste de Winston-Lutz em Múltiplos alvos *off-axis* com único isocentro

Oliveira, FC.¹; Castelo, JHM.^{1,2};

Física Médica – IRD, CNEN

Física Médica - Oncoclínicas RJ

Contato: jhmcastelo@gmail.com

Introdução: O teste de Winston-Lutz não prevê a existência de alvos fora do isocentro. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema de avaliação automática, onde ocorre a análise da variação espacial de múltiplos alvos *off-axis* com único isocentro.

Materiais e Métodos: Foi elaborado um fantoma composto por 4 esferas de aço (BBs) de $7,5 \pm 1$ mm fixadas através de um bastão de acrílico à uma superfície de madeira. Um algoritmo foi desenvolvido para equipamentos com MLC HD. As imagens foram adquiridas com 10 UM no Portal AS1000 no acelerador Trilogy do grupo Oncoclínicas RJ em 4 dias seguidos e exportadas para o programa desenvolvido.

Resultados e Discussões: Os resultados são sumarizados na Tabela 1.

Tabela 1; Resultado das análises no PyLinac para 4 aquisições em dias Consecutivos D = distância entre centro do campo e centro da BB.

BB	BB REF (Iso)	BB1 (4 cm)	BB2 (5,6 cm)	BB3 (7 cm)
dMax BB/ dMediana BB (mm)	1,04 (0,12)/ 0,65 (0,13)	1,42 (0,12)/ 0,91 (0,18)	1,08 (0,13)/ 0,75 (0,17)	1,35 (0,18) / 0,87 (0,14)
Iso Gantry + Col (mm)	0,89 (0,15)	1,00 (0,14)	0,78 (0,13)	1,43 (0,12)
Iso Mesa (mm)	0,68 (0,19)	1,32 (0,23)	1,56 (0,20)	0,57 (0,32)

Conclusões: Não houveram medidas maiores que a margem utilizada em SRS (2 mm). Não houve correlação entre a distância do isocentro com as variáveis resultantes da análise do PyLinac. Existe incerteza causada pela espessura das lâminas do MLC HD, todavia elas são compensadas pelas diversas incidências, gerando resultados satisfatórios.

Referências:

Eagle A *et al*, A simplified and effective off-axis Winston--Lutz for single-isocenter multi-target SRS. *J Appl Clin Med Phys*. v24:e13816



“Diferenças dosimétricas em tratamentos de mama esquerda com e sem uso de DIBH (Deep Inspiration Breath Hold)”

Silva, D.R.L.^{1,2}; Banhate, A.¹; Furquim, L.F.S.S.¹; Querelli, G.E.¹

Hospital DF Star - Rede D’Or São Luiz

Centro Universitário Internacional Uninter

Contato: diolandofm@outlook.com

Introdução: O dispositivo Elekta Active Breathing Coordinator™ (ABC) monitora o fluxo de ar durante o ciclo respiratório e bloqueia a passagem de ar ao alcançar um volume de ar pré-definido, permitindo a realização da técnica de Inspiração Profunda com Suspensão da Respiração (DIBH) durante a entrega da radiação de tratamento. Essa estratégia pode ser uma alternativa interessante para tratamentos de mama esquerda. Este trabalho teve como objetivo a comparação entre tratamentos de mama esquerda em respiração livre (RL) e inspiração profunda (IP) utilizando o sistema ABC, verificando diferenças dosimétricas nos órgãos em risco (OARs).

Materiais e Métodos: Para 10 pacientes, foram adquiridas imagens tomográficas em respiração livre e utilizando a técnica de IP com o sistema ABC, e gerados planejamentos em VMAT. Foram analisadas as doses recebidas na área cardíaca, pulmão ipsilateral, pulmão contralateral e mama contralateral.

Resultados e Discussões: As doses na área cardíaca (D_{méd}, V16Gy e V8Gy) reduziram consideravelmente nos planos em IP. A média para a dose média (D_{méd}) foi de 3,1Gy na IP e 4,5Gy na RL. Para dois pacientes, a diminuição da D_{méd} foi superior a 3Gy. No pulmão ipsilateral, os planos em IP apresentaram uma redução média nas doses de V16Gy, V8Gy e V4Gy de 3,6%, 4,9% e 7,3%, respectivamente, em relação aos planos em RL. Para dois pacientes, os valores em RL ultrapassaram os limites de dose aceitáveis. Em relação as estruturas pulmão contralateral e mama contralateral, não houve ganho ou variação significativa nas doses recebidas. A técnica IP proporcionou um aumento médio de 35% do volume pulmonar, porém, não foi encontrado uma relação linear entre o volume de ar alcançado em IP e ganho dosimétrico para os OARs.

Conclusões: O trabalho demonstra o benefício da utilização da técnica de inspiração profunda com o sistema ABC para tratamentos de mama esquerda.



“Dose enhancement measurement generated by Gd compound in Electronic Brachytherapy using delaminated EBT3 radiochromic dosimeters.”

Santibáñez, M.^{1,2}; Fuentealba, M.^{1,2}

¹ Departamento de Ciencias Físicas, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

² Laboratorio de Radiaciones Ionizantes, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile

Contact: mauricio.santibanez@ufrontera.cl

Introduction: Different studies have reported the feasibility of producing dose enhancement (DE) by means of nanometric size and high atomic number elements irradiated above the absorption edge. One of the radiation therapy techniques who potentiate this process is electronic brachytherapy with mini X-ray tubes with energies in the range of 35-100 kVp. A difficulty not yet completely solved is the experimental determination of DE, since traditional dosimeters do not allow recording the short range of the secondary electrons. In this work we evaluated the possibility of measuring DE produced by Gd with an electronic brachytherapy equipment using EBT3 films previously delaminated and isolated from the medium containing the enhancement element by filters of 2.5 and 12 μm thickness. The evaluation performed determined the beam quality that optimized the enhancement for the different concentrations of Gd feasible to be clinically implemented.

Materials and Method: EBT3 films were carefully delaminated by removing the polyester layer by means of a traction force. At the same time, a phantom was designed to simulate a Gd-doped tumor volume, which could be directly adapted to the equipment applicator, perform surface volume irradiation and as one of its sides allowed adhering to the film, not experienced leakage of the aqueous Gd solution (positioning the phantom directly on a delaminated EBT3 film). The end opposite to the applicator on the phantom was sealed with 2.5 and 12 microns Spectro Film Mylar films. The phantom forms in its interior a container with a volume of 6.15 cm^3 that was filled with a Gd solution in ranges of 0-30 mg/ml, simulating a Gd-doped and non-doped tumor placed above a set of acrylic slabs (15 \times 15 \times 0.5) cm^3 to achieve the backscatter component. DE measurements were performed with beam qualities of 50 kV and 70 kV with a prescription dose of 3.0 Gy at 1.0 cm depth with a clinical treatment equipment, a WoMed model IORT-50 mobile surface radiotherapy.

Results and Discussions: For irradiations with beam quality 50 kVp there was a decrease in the prescribed dose. At depth of 1.0 cm and a 3.0 Gy prescription, for 10 mg/ml Gd, was equivalent to a DE of $-5 \pm 4\%$. Similarly, for the 20 mg/ml of Gd, a lower dose was obtained, equivalent to a DE of $-23 \pm 6\%$. This phenomenon could be explained since the 50 kVp beam is not able to excite the K layer of Gd. For the 70 kVp, a slight dose increase was obtained at 10 mg/ml of Gd, equivalent to a DE of $+6 \pm 6\%$, which, however, is not statistically significant. For the 20 mg/ml Gd concentration, a DE of $22 \pm 7\%$ was obtained. Subsequently, the beam quality of 70 kVp was evaluated exclusively with 30 mg/ml, recording an average dose of 3.26 ± 0.20 Gy, equivalent to a DE of $+9.0 \pm 7$. For 20 mg/ml of Gd a dose of 2.43 ± 0.18 Gy was obtained, corresponding to a decrease of $19 \pm 6\%$ of the dose. This shows that although the increase in concentration generates a strong attenuation, the DE component of the K-layer is responsible for generating a significant additional dose proportional to the concentration, which in the case of the 20 mg/ml of Gd would produce an additional dose increase of $29 \pm 7\%$ and for the 30 mg/ml concentration of $34 \pm 7\%$.

Conclusions: It is possible by means of delaminated EBT3 films and Mylar filters of a few microns to experimentally determine the dose-response by Gd generated in clinical electronic brachytherapy equipment. The results showed the existence of a concentration that would maximize the phenomenon for each beam quality used.



Efeitos de parâmetros radiobiológicos na TCP para radioterapia de mama

Furlan, L.N.¹; Pianoschi, T.A.¹; Santos, M.M.²

¹Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre

²Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, Ceres, GO

Contato: luanyf@ufcspa.edu.br

Introdução: O câncer de mama é um dos que mais acomete mulheres no mundo, sendo a radioterapia o principal tratamento. A Probabilidade de Controle Tumoral (TCP) pode ser utilizada para auxiliar na escolha do protocolo de tratamento. Neste trabalho, são investigados os efeitos de parâmetros radiobiológicos na TCP considerando radioterapia convencional, hipofracionada e FAST para câncer de mama.

Materiais e Métodos: Os protocolos clínicos, os parâmetros de radiosensibilidade, α e β , e taxa de repopulação celular para câncer de mama foram obtidos da literatura. A análise dos dados foi implementada em linguagem de programação python para o modelo poissoniano de TCP com o modelo linear quadrático de sobrevivência celular.

Resultados e Discussões: Para as técnicas estudadas convencional, hipofracionada e FAST, verificou-se que maiores valores de alfa antecipam o início do controle tumoral, porém não afetam o tempo para o controle total (TCP=100%). Para $\alpha=0,04 \text{ Gy}^{-1}$, o controle se iniciou em 18,4; para $\alpha=0,16 \text{ Gy}^{-1}$; 17,4. Já a variação do parâmetro β influenciou tanto o momento de início do controle quanto do controle total. A diferença de tempo para sucesso de tratamentos, variando-se beta de $0,01 \text{ Gy}^{-2}$ para $0,06 \text{ Gy}^{-2}$, foi de 19; 14,5 e 7 dias, para as técnicas convencional, hipofracionada e FAST, respectivamente. A taxa de repopulação tumoral desacelera a TCP, por se tratar de um fator positivo na fração de sobrevivência, embora seja sutil, dada a baixa proliferação celular do câncer de mama, $0,048 \text{ dia}^{-1}$.

Conclusões: As diferenças de tempo para o sucesso de tratamento (TCP=100%) variam para cada técnica radioterápica, em virtude da sua taxa de dose diária característica. Em todos os casos o fator β se mostrou dominante, uma vez que este pondera a dose quadrática na formulação da TCP, influenciando o tempo para o controle tumoral total.



Enquete multi-institucional sobre os parâmetros de MLC no Brasil

Dentelo, J. P. T.¹; Silva, L. B.²

Hospital de Amor de Barretos

Contato: joao.dentelo@gmail.com

Introdução: O fator de transmissão (FT) e o DLG (do inglês “dosimetric leaf gap”) são parâmetros referentes a transmissão da radiação ao utilizar o colimador multilâminas (MLC). O FT engloba a transmissão inter e intralâminas, enquanto o DLG representa o espaçamento entre as pontas das lâminas opostas considerando-as retas, que é como o sistema de planejamento as interpreta, que gera a mesma transmissão que as pontas das lâminas opostas arredondadas, como elas são na realidade. Esses fatores tem impacto significativo na avaliação do controle de qualidade para pacientes específicos (PSQA). No comissionamento, os valores encontrados para FT e DLG podem não ser ideais, prejudicando a avaliação do PSQA. Embora a validação dos fatores seja possível, a principal alternativa é a modelagem dos parâmetros de MLC. O objetivo deste trabalho é avaliar como o DLG e o FT tem sido tratados no Brasil, se nos sistemas de planejamento tem sido utilizado apenas os valores encontrados no comissionamento, ou se a validação ou modelagem tem sido realizadas e quais metodologias e resultados tem sido encontrados.

Materiais e Métodos: A enquete foi realizada através de um formulário elaborado no GoogleForms, onde foi questionado os resultados e a metodologia para obtenção do DLG e FT no comissionamento, validação e modelagem.

Resultados e Discussões: Segundo a enquete, 53.8% dos aceleradores seguem com os valores de DLG e FT obtidos no comissionamento, em 30.8% foi realizada a validação e em 23.1% foi realizada a modelagem. A metodologia realizada no comissionamento é a mais próxima de uma padronização, mas que ainda apresenta diferenças em alguns serviços. Na validação e modelagem não há padronização metodológica.

Conclusões: A modelagem dos fatores de MLC ainda não é uma prática comum na rotina dos serviços de radioterapia no Brasil. Observa-se uma falta de padronização metodológica na obtenção desses fatores, embora os resultados apresentem certa concordância entre si.

Estudo Comparativo Entre Simulações dos Códigos de Monte Carlo FLUKA e TOPAS na Distribuição da Dose Longitudinal de Feixe de Prótons

Granja, A. A. C.^{1,2}; Branco, I. S. L.¹; Shorto, J. M. B.¹; Yoriyaz, H.¹; Morais, M. C.²

¹Centro de Engenharia Nuclear do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

²Departamento de Ciências Exatas, Biológicas e da Terra – Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, Brasil

Contato: alinegranja@usp.br

Introdução: A Protonterapia se destaca pela entrega pontual da dose, e o Método de Monte Carlo é uma ferramenta eficaz para estudos da área. Este trabalho investigou a distribuição da dose longitudinal de feixes de prótons usando o código FLUKA/Flair, por meio da comparação aos resultados de Branco et al., 2019 com o código GEANT4/Topas.

Materiais e Métodos: Feixes de prótons monoenergéticos de 70, 110, 160, 200 e 230 MeV foram utilizados para analisar a distribuição de dose e o alcance de 90% da dose máxima (d_{90}) em água e cinco materiais distintos, divididos em três grupos (original, densidade da água e composição da água).

Resultados e Discussões: Pela Figura 1, nota-se que o alcance d_{90} para os tecidos originais entre os códigos foi semelhante, e a diferença relativa entre eles permaneceu abaixo de 1,5% para os demais materiais e grupos. Ambos também indicaram maior influência da densidade na dose.

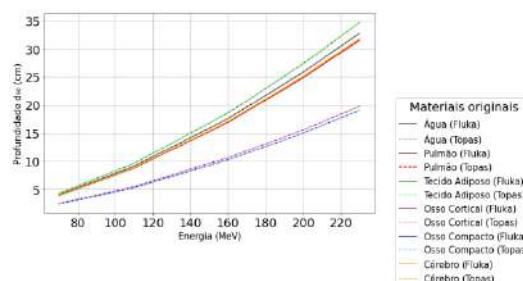


Figura 1: Alcance d_{90} para dos tecidos originais, entre os códigos. Fonte: O autor.

Conclusões: Analisando as curvas de deposição de dose e a diferença relativa de d_{90} , pode-se concluir que os códigos apresentaram resultados semelhantes em relação ao transporte de prótons.

Referências bibliográficas

BRANCO, I. S. L. et al. Estudo dos efeitos de composição e densidade de materiais tecido equivalentes na distribuição de dose longitudinal em protonterapia. **Revista Brasileira de Física Médica**, 2019.



Estudo da influência do número atômico efetivo no alcance de um feixe clínico de prótons em meios heterogêneos

Pazetto, A. M.¹; Teles, T. N.².

Grupo de Física de Feixes – Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre
Contato: amandampazetto@gmail.com

Introdução: Durante a interação de um feixe clínico de prótons com um material, o número atômico efetivo (Z_{eff}) é um parâmetro associado à quantidade efetiva de elétrons deste material que interagem com as partículas do feixe. Desta maneira, o número atômico efetivo é determinante na caracterização do alcance do feixe e da dose depositada no meio, principalmente nos materiais tecido-equivalentes. Este trabalho tem como objetivo encontrar uma relação entre o alcance no meio (caracterizado pelo Pico de Bragg) com o número atômico efetivo. A modelagem teórica foi comparada com simulações Monte Carlo e/ou com dados de referência para diversos materiais tecido-equivalentes diferentes da água.

Materiais e Métodos: O trabalho consistiu na análise e modelagem da equação de Bethe-Bloch considerando-se a sua dependência com o número atômico efetivo. Foi utilizada a interface Tool for Particle Simulation (TOPAS), a fim de realizar as simulações Monte Carlo para análise do alcance do feixe em diferentes elementos e materiais tecido-equivalentes. Os dados disponibilizados na base de referência Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia (NIST) também foram utilizados para validar o alcance do feixe previsto teoricamente.

Resultados e Discussões: Com o devido ajuste do número atômico efetivo conseguiu-se um melhor acordo entre a previsão teórica para o alcance com os dados de referência tanto obtidos pela simulação Monte Carlo quanto disponibilizados no NIST. Em alguns materiais a diferença entre o valor teórico e o da simulação para o alcance foi de menos de 1%. Esse efeito é mais significativo em materiais que apresentam maiores densidades relativas à água.

Conclusões: Os resultados apontam para uma relação direta entre o número atômico efetivo do material e o alcance dos feixes clínicos de prótons no tecido mostrando-se um parâmetro essencial na caracterização da dose depositada em meios heterogêneos e facilitando a compreensão da interação do feixe de prótons com um tecido biológico.



Estudo do tempo de espera para tratamentos de Radioterapia

Emiliozzi, C. Z. S.¹; Menezes, M.O.².

¹ Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

² Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

Contato: caroline.e@hc.fm.usp.br

Introdução: Os sistemas de saúde têm dado maior atenção para o feedback do paciente sobre a qualidade do serviço recebido e sua satisfação é sempre influenciada pela sua percepção sobre o tempo de espera. Nesse trabalho buscou-se propor tempos de espera de referência para fornecer para os pacientes da instituição.

Materiais e Métodos: Na radioterapia do HCFMUSP foi realizado um estudo retrospectivo entre 2016 e 2020 para propor um tempo de espera baseado na estimativa superior do intervalo de confiança de 95% (TES) e na mediana. As características do paciente como grupo de tratamento, faixa etária, se é proveniente de convênio e técnica de tratamento foram selecionadas para a realização do agrupamento do tempo de espera.

Resultados e Discussões: A tabela 1 apresenta alguns resultados encontrados.

Tabela 1: Tempo de espera calculado para os principais grupos de tratamento.

Grupo	Faixa Etária	Convênio	Técnica	Mediana	TES
URO próstata	adulto	não	VMAT	14 dias	24 dias
URO próstata	adulto	sim	VMAT	12 dias	22 dias
CP	adulto	não	3D	14 dias	22 dias
CP	adulto	não	VMAT	18 dias	27 dias
Meta Óssea	adulto	não	2D	1 dia	4 dias
Mama	adulto	não	3D	12 dias	19 dias
Mama	adulto	sim	3D	7 dias	13 dias
SNC	pediátrico	não	VMAT	14 dias	24 dias
SNC	adulto	não	VMAT	14 dias	23 dias

A Técnica VMAT e não convênio têm maiores tempo de espera. O TES é uma estimativa de tempo de espera máximo e a mediana de tempo de espera mais provável.

Conclusões: O estudo do tempo de espera ajuda no gerenciamento do fluxo de trabalho e uma previsão de espera mais exata pode influenciar na satisfação do paciente.



Estudo Dosimétrico Para a Implementação de Radioterapia Intraoperatória

Fornier, L. A.¹; Jesus, G. R. S.²; Groppo, D. P.²; Cardoso, P. H. B.²

¹ Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, ² Hospital Vila Nova Star

Contato: lais.fornier@hc.fm.usp.br

Introdução: A radioterapia intraoperatória (IORT) é uma modalidade terapêutica na qual uma alta dose de radiação é administrada em uma única fração durante o procedimento cirúrgico. A técnica possibilita a redução da dose nos tecidos e órgãos saudáveis ao redor da região de tratamento por meio da irradiação direta do leito cirúrgico. O objetivo do trabalho foi obter um conjunto de dados dosimétricos necessários para implementar a técnica de IORT com feixe de elétrons no Hospital Vila Nova Star.

Materiais e Métodos: A técnica utiliza aplicadores de IORT desenvolvidos para tratamento com feixe de elétrons em um acelerador linear Varian TrueBeamStx[®]. Foram utilizados 3 aplicadores de diâmetros diferentes e 4 energias de elétrons. Os seguintes parâmetros dosimétricos foram adquiridos: porcentagem de dose profunda (PDP), fator rendimento, perfil do feixe e dose na superfície do cone. Também foram obtidos os fatores *backscatter* e fatores de transmissão dos chumbos utilizados para proteção interna.

Resultados e Discussões: Alguns dos resultados estão resumidos na Tabela 1.

Tabela 1- Amostra de parâmetros dosimétricos obtidos para o comissionamento de IORT

Cone (cm)	Energia (MeV)									
	6				9					
	6	9	12	16	16	6	9	12	16	
	Fator Rendimento				Fator Transmissão (%)		Dose na Superfície do cone (%)			
5	0,97	1,2	1,24	1,28	3,6	4	5	6	7	
8	1,28	1,4	1,39	1,39	3,4	5	6	8	11	
10	1,32	1,4	1,39	1,39	3,3	5	8	11	14	

O fator rendimento aumenta com aumento da energia e o tamanho de cone. Nota-se que os protetores são eficazes em reduzir a dose em tecidos localizados abaixo da região de tratamento, apresentando uma transmissão máxima de 3,6% para a energia de 16MeV.

Conclusões: Os resultados obtidos tornam possível a implementação da técnica de IORT.



Experiência do HCFMUSP com o módulo *Pylinac* em Controle da Qualidade na Radioterapia

Furnari, Laura.¹; Rodrigues, Marcus.^{1,2}; Santos, William.²

Departamento de Radiologia – HCFMUSP / Instituto do Câncer do Estado de São Paulo

Contato: laura.furnari@hc.fm.usp.br

Introdução: O *Pylinac* é uma biblioteca escrita em *Python* que contém módulos para analisar automaticamente imagens e dados gerados por aceleradores lineares, simuladores CT e outros equipamentos encontrados na radioterapia. Neste estudo, o *Pylinac* foi usado para análise da planura, simetria e tamanho do campo, e diâmetro do isocentro radioativo do colimador, do *gantry* e da mesa.

Materiais e Métodos: Foram utilizadas as imagens dos testes de Controle de Qualidade de 2023 do *linac* Varian[®] Clinac[®] 2100CD, obtidas dos sistemas Eclipse[®] e do MosaIQ[®]. Para cada teste foi escrito um programa em *Python*, com o módulo *Pylinac* pertinente, que executou as análises em lote e apresentou as estatísticas de cada teste.

Resultados e Discussões:

Tabela 1. Resultados da análise dos dados do acelerador Varian[®] Clinac[®] 2100CD do Instituto de Radiologia do HCFMUSP feita com *Pylinac*.

IsoRad Gantry (mm)	IsoRad Colimador (mm)	IsoRad Mesa (mm)	Tamanho de campo (mm)	Simetria (%) (10x10)cm ²	Planura (%) 10x10cm ²
0,89±0,33	0,29±0,20	0,73±0,29	100,9±0,1	0,30±0,15	1,19±0,05

Os resultados acima encontram-se dentro dos valores de referência de cada teste. Sendo 1 mm para o isocentro, 2 mm para o tamanho de campo, 1 % para a simetria e 1 % para a planura. Os resultados da tabela 1 são pequenos para serem quantificados visualmente, e o *Pylinac* é uma excelente ferramenta para isso.

Conclusões: O *Pylinac* é uma ferramenta grátis, customizável e de fácil utilização. Ela permite a análise em lote, fornecendo valores numéricos que não podem ser obtidos visualmente. Os resultados obtidos possibilitaram a análise estatística do comportamento do acelerador Varian[®] Clinac[®] 2100CD.



Impacto da presença de nanopartículas metálicas no dano biológico durante irradiações com feixes de raios X

Alves, G. A. A.¹; Touguinha, G. C.¹; Candeia, B.¹; Pianoschi, T. A.¹; Alva Sanchez, M.S.¹; Trombini, H.¹

¹Grupo de Física Médica Experimental e Computacional, UFCSPA, Porto Alegre, Brasil

Contato: georgia.alves@ufcspa.edu.br

Introdução: O uso de nanopartículas (NPs) metálicas no tecido tumoral durante o tratamento radioterápico pode resultar em um aumento de dose (FAD) local possibilitando assim, diminuir a dose nos tecidos sadios adjacentes. Esse trabalho teve como objetivo investigar o efeito da presença de NPs de ouro e prata em função do seu tamanho e concentração e além disso, quantificar o número de quebras simples e duplas durante tratamentos com feixes de orto e megavoltagem.

Materiais e Métodos: O FAD para diferentes tamanhos e concentrações de NPs foi obtido através do código de simulação PENELOPE e o número de quebras simples e duplas através do código TOPAS-nbio.

Resultados e Discussões: Para as concentrações analisadas, entre 0,1 e 10% com NPs de 20 nm de diâmetro, o FAD obtido variou de 1.1 a 2.9 e de 1.1 a 4.7 para prata e ouro, respectivamente. O FAD máximo obtido para a concentração de 1% foi de 1,7 para NPs de prata e ouro com um diâmetro de 40 e 20 nm, respectivamente. As simulações para quantificar o número de quebras simples e duplas ainda estão sendo realizadas.

Conclusões: Os resultados obtidos utilizando o código PENELOPE demonstram a eficiência das NPs de prata e ouro no aumento de dose local. Além disso, indicam uma forte relação entre o FAD e o tamanho das NPs resultante do efeito de auto-absorção dos elétrons secundários pela própria nanopartícula.

Referências: VARZANDEH, Mohammad et al. Application of nano-radiosensitizers in combination cancer therapy. **Bioengineering & Translational Medicine**, p. e10498, 2023.



Implantação do Método da Substituição para Calibração de Câmaras de Ionização do Tipo Poço

Castro, V. M.¹; Alves, C. F. E.¹; Marechal, M. H. H.¹; Cruz, M. A. C.¹; Magalhães, L. A. G.¹, Leite, S. P.¹

Departamento de Ciências Radiológicas – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Contato: vanessa_mondaini@yahoo.com.br

Introdução: O Laboratório de Ciências Radiológicas da UERJ é o único na América Latina que realiza o serviço de calibração de câmaras de ionização do tipo poço (TP), utilizadas pelo usuário para determinação da taxa de Kerma no ar (TK) de fontes de ¹⁹²Ir de alta taxa de dose. O valor do coeficiente de calibração (N_K) do conjunto dosimétrico (CD) do usuário é determinado por meio da TK obtida por uma câmara do tipo dedal de referência. Atualmente, essa TK é determinada aplicando-se o método das sete distâncias (MSD), que dura entre duas a seis horas, dependendo da atividade da fonte. Caso essa atividade esteja abaixo de 6 Ci, a determinação da TK pode se tornar inviável. Já a calibração por meio do método da substituição (MS) tem a vantagem de não depender, durante a calibração do CD do usuário, da determinação da TK, apenas do coeficiente de calibração da câmara de referência. O objetivo desse trabalho é implantar o MS na calibração das câmaras TP e otimizar o tempo despendido nas calibrações.

Materiais e Métodos: Foi analisada a estabilidade de três CD utilizados no controle da qualidade da calibração de câmaras TP. A partir desta análise, foi definido como CD de referência, para o MS, o CD que apresentou melhor estabilidade de longo prazo. O MS foi aplicado em 121 calibrações, compostas de câmaras fabricadas pela PTW e Standard Imaging. Os resultados obtidos foram comparados com o MSD utilizado atualmente.

Resultados e Discussões: Foi definido como referência a câmara TP, fabricante Standard Imaging, mod. HDR1000Plus s/n A+950681, e eletrômetro, fabricante PTW, mod. Unidos E s/n 80214. Foram obtidos resultados satisfatórios na comparação entre o método atual e o proposto. O intervalo de variação entre eles ficou entre 0,01% e 1,6%.

Conclusões: Os resultados obtidos através do MS são coerentes com os obtidos pelo MSD. Sendo assim, o MS se apresenta como uma alternativa para a calibração dos CD. A implantação do MS permitirá otimizar o tempo despendido nas calibrações, mantendo as incertezas dentro dos limites normativos.

Implementação de bolus personalizados usando impressora 3D

Silva, A, F.¹; Motta, C. O.¹; Ricardi, E. J. D.¹, Funchal, M.¹, Fernandes, T. C. O.¹;
Brüning, F.F.¹

Departamento de Radioterapia – LPCC: Hospital Erasto Gaertner

Contato: aline.ferriera.silva@gmail.com

Introdução: O uso de impressora 3D para confecção de bolus personalizado permite uma produção precisa, minimizando os gaps de ar, principalmente em regiões de cabeça e pescoço, onde a superfície é irregular. O objetivo do trabalho é implementar o uso de bolus personalizados por meio de impressão 3D na rotina do serviço de radioterapia.

Materiais e Métodos: Para execução do trabalho, foram utilizados os softwares livres Slicer 3D e Cura 5.2.2, um dispositivo de impressão 3D modelo Ender 3 V2, filamento de PLA, e bolus de gelatina como material preenchedor. Para atender à necessidade clínica, a partir da tomografia foi desenhado o bolus no TPS e seu respectivo molde foi impresso em 3D. Configurações foram feitas para imprimir uma estrutura oca, permitindo o preenchimento com bolus de gelatina. Após a cura da mesma, é possível retirar a superfície impressa e o bolus está pronto para o uso.

Resultados e Discussões: Foi possível realizar a impressão do molde em 3D e preenchê-lo com o bolus (Figura 1), embora encontradas dificuldades relacionadas com o manuseio da impressora 3D e fluxo de trabalho.

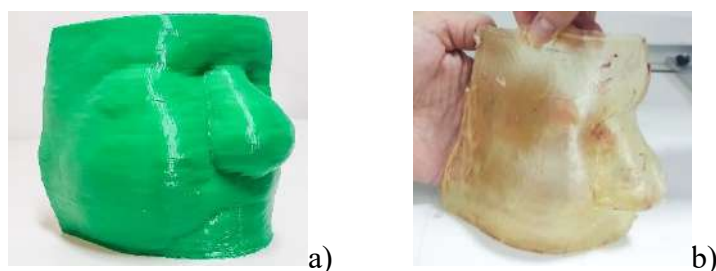


Figura 1-a): Molde personalizado impresso em PLA e b) resultado do bolus de gelatina após desenforme do molde

Conclusões: Este estudo mostra que o fluxo de trabalho foi eficiente em reproduzir os dados do paciente para criação de um bolus personalizado em regiões complexas.

Implementação de um controle de qualidade para paciente específico em tratamentos com arco dinâmico no Clinac® Varian CX

Isabela Linhares¹, Bruna Frohlich², Artur Scheid², Carolina Maulaz², Matheus Fischer², Mirko Salomon Alva Sanchez³

¹Residência Multiprofissional de Física Médica com ênfase em Radioterapia da PUCRS, Porto Alegre, Brasil

²Departamento de Radioterapia, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Porto Alegre, Brasil

³Departamento de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas, Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, Brasil

Contato: isabela.linhares@edu.pucrs.br

Introdução: O controle da qualidade (CQ) é uma verificação de segurança fundamental para evitar erros de administração da radiação ionizante nas diversas aplicações em radioterapia. Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho do objeto simulador ArcCheck a fim de implementar uma técnica de CQ paciente específico para arco dinâmico.

Materiais e Métodos: Cinquenta pacientes tratados no Clinac® Varian CX foram selecionados para realizar uma análise dosimétrica utilizando o fantoma, bem como comparando seus valores de referência com o TPS e validando com a câmara de ionização.

Resultados e Discussões: A diferença de dose entre as medidas realizadas pelo ArcCheck e a calculada pelo TPS variou de -2,3% a 4,78% para energias de 6MV e -3,68% a 2,04% para energia de 10MV. A média de aprovação dos pontos da análise gama ficou acima de 98,0% para ambas as energias.

Conclusões: Pelo fato dos resultados terem mostrado boa concordância com o TG-119 e TG-218, o sistema está adequado para aplicação clínica. Pode-se concluir que as técnicas de paciente específico foram implementadas com sucesso.

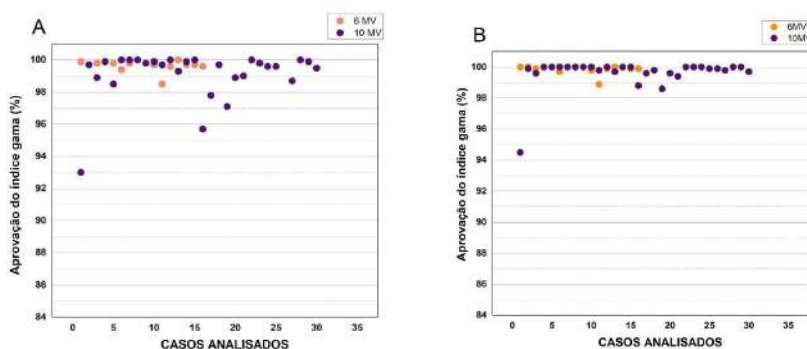


Figura 1: Aprovação índice gama dos casos analisados com critérios de 3%/3mm (A) e 3%/2mm (B).



Implementação técnica do Sistema *Intrafraction Motion Review* (IMR) utilizando a ferramenta *Auto Beam Hold* (ABH) para detecção de fiduciais.

Martins, G. C.¹; Camargo, A. V.²; Silva, D. C. S. A.³

Departamento de Radioterapia – Hospital de Amor de Barretos

Contato: guilherme.casabona.martins@outlook.com

Introdução: O sistema IMR é composto pelo *Auto Beam Hold* (ABH) e por um sistema de aquisição de imagens radiográficas que são adquiridas durante o tratamento, utilizando o *On-Board Image* (OBI), acionado por gatilhos como ângulo de *gantry* e unidade monitora, entre outros. A ferramenta ABH é utilizada para monitorar o posicionamento e parar o feixe quando pelo menos 1 fiducial excede o valor de deslocamento pré-definido. O objetivo do trabalho é implementar tecnicamente o sistema IMR do acelerador linear (AL) TrueBeam STx (*Varian Medical Systems*) e avaliar a precisão e reprodutibilidade de detecção do fiducial.

Materiais e Métodos: Obteve-se imagens de tomografia computadorizada de um objeto simulador com 5 placas de água sólida (30x30x1 cm), um bólus em gel (30x30x1 cm) e 3 fiduciais de fontes exauridas de iodo-125 para braquiterapia de próstata. Realizou-se o planejamento de tratamento com um arco completo. Valores de corrente e tempo em mAs e tensão em kVp foram variados em diferentes angulações de *gantry* para avaliar a sensibilidade em detectar os fiduciais. Para verificar quanto o sistema é capaz de detectar variações translacionais do objeto simulador com base nos fiduciais, alterou-se o diâmetro de detecção dos fiduciais no sistema ABH de 0,2 cm até 1,4 cm com intervalo de 0,1 cm. O valor de movimentação da mesa foi igual ao raio de detecção previamente definido. As medidas foram repetidas 3 vezes. Para avaliar a dependência angular da detectabilidade, foi fixado um diâmetro de 2mm e realizada imagens a cada 45° durante um arco completo com e sem movimento de mesa.

Resultados e Discussões: Através da varredura obteve-se que o valor ideal para detecção dos fiduciais foi de 10 mAs e 100 kVp. Para todas as direções, o sistema desligou o feixe quando o valor de movimentação foi o mesmo do diâmetro pré-definido. A Tabela 1 indica a porcentagem de reconhecimento do fiducial dentro do diâmetro de detecção com relação ao ângulo do OBI. 0% significa que pelo menos 1 fiducial foi encontrado fora do seu limite de detecção em todas as 3 análises e 100% significa que todos os fiduciais foram encontrados dentro do limite especificado para toda as 3 análises. Os movimentos laterais e verticais mostraram dependência angular, sendo que os valores 315°, 225° e 135° apresentaram dependência para ambos. Sem a movimentação da mesa e a movimentação longitudinal não possuem nenhuma dependência angular.

Tabela 1: Detectabilidade com relação ao ângulo.

Ângulo do OBI (°)	Sem movimento de Mesa (%)	Vertical (%)	Longitudinal (%)	Lateral (%)
90	100	0	0	100
45	100	0	0	100
0	100	100	0	0
315	100	33,3	0	100
270	100	0	0	100
225	100	66,7	0	100
180	100	100	0	0
135	100	100	0	33,3

Conclusões: O sistema IMR foi implementado tecnicamente e foi verificado que possui uma alta precisão, devido a capacidade do sistema em detectar movimentação com valor igual ao definido pelo diâmetro de ABH. Porém, foi observado uma dependência angular para movimentos no sentido vertical e lateral, o que pode ocasionar um falso positivo.



Influência da Redução de Variância em simulações de Radioterapia com TOPAS MC

Fidelis, A.¹; Neto, R.¹; Nascimento, J.²; Souza, F.² Maciel, M.¹; Rosa, L.²; Cardoso, S.¹

¹Instituto de Física – Universidade Federal do Rio de Janeiro

²Instituto de Radioproteção e Dosimetria – CNEN

Contato: alef27102001@gmail.com

Introdução: O Método Monte Carlo é umas das principais ferramentas para estudos na Radioterapia. Apesar da utilidade, há um fator que limita sua utilização: o tempo das simulações. Uma das formas de reduzi-lo é através da aplicação de técnicas de Redução de Variância (RV). O objetivo deste trabalho é avaliar a influência da implementação dessa técnica no tempo de simulações de Radioterapia.

Materiais e Métodos: Foram realizadas simulações, planejadas na ferramenta TOPAS MC, do arranjo experimental para o cálculo do índice de qualidade do feixe TPR^{20}_{10} [1]. Utilizou-se o espaço de fase validado do feixe da ELEKTA 6MV [2]. O método de RV usado foi *Importance Sampling*. Os valores de TPR e suas incertezas foram obtidos para simulações de 250 milhões de histórias com RV e 5 bilhões de histórias sem RV. Essas grandezas e o tempo foram comparadas entre si e com o valor experimental.

Resultados e Discussões: A partir dos resultados da Tabela 1, é perceptível que os valores de TPR são compatíveis, em 3σ , entre si e com o valor experimental de $0,69 \pm 0,01$. Vale ressaltar a diferença de, aproximadamente, 44 horas entre as simulações.

Tabela 1: Comparação TPR^{20}_{10} e incerteza para 250 milhões e 5 bilhões de histórias.

Nº de histórias	250 milhões com RV	5 bilhões sem RV
$TPR^{20}_{10} \pm \delta TPR$	$0,676 \pm 0,007$	$0,658 \pm 0,007$
Tempo decorrido (horas)	3,2	46,8

Conclusões: Foi verificado que a técnica de RV utilizada foi capaz de reduzir significativamente o tempo para obtenção de um resultado preciso compatível.

Referências bibliográficas:

- [1] IEAE, Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy, **Technical Reports Series No. 398**, IAEA, Vienna (2000)
- [2] International Atomic Energy Agency, **Nuclear Data Section**. (2003-2013)

Influência do torque aplicado aos parafusos do Frame-G na definição do espaço estereotáxico

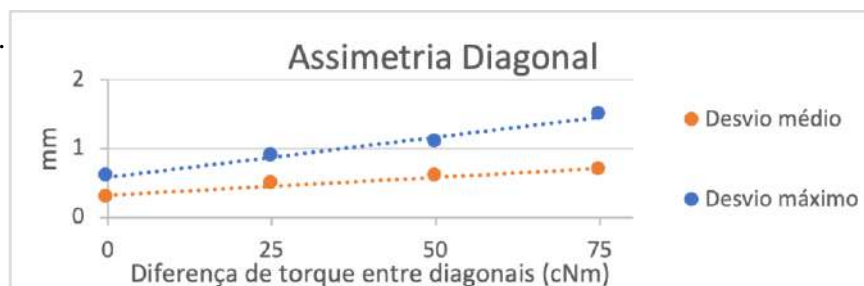
Querelli, G¹; Banhate, A¹; Castilho, T¹; Furquim, L¹; Rodrigues, D¹

¹Hospital DF Star

Introdução: O Leksell Frame-G é considerado o padrão ouro de fixação para tratamentos com Gamma Knife. Para localização é necessária a aquisição de uma imagem do paciente fixado, com a respectiva caixa de fiduciais acoplada. Os valores de torque aplicado aos parafusos que fixam o aparato ao crânio do paciente podem distorcer mecanicamente o frame. O objetivo deste trabalho é avaliar a influência da composição de torques na capacidade do sistema de planejamento de identificar os fiduciais e localizar o espaço estereotáxico, analisando os valores de desvio máximos (DMA) e desvio médios (DMe) fornecidos pelo TPS.

Materiais e Métodos: Um objeto simulador foi criado para ser possível aplicar torque aos parafusos de fixação. Foi utilizado um torquímetro digital. Valores entre 25,0 e 100,0 cNm foram aplicados aos parafusos de formas simétrica, assimétrica paralela e diagonal. A cada nova composição de torques a caixa de CT era acoplada e uma imagem adquiridas. As imagens CT foram importadas no TPS e os valores de DMe e DMA coletados.

Resultados e Discussões: Valores de DMe e DMA crescem com o aumento do torque em todas as configurações. O gráfico 1 mostra os valores obtidos para torque assimétrico diagonal, cenário que causa a maior incerteza, em duas configurações os valores esperados de DMe e DMA atingiram (0,6/1,1 e 0,7/1,5), acima do recomendado ($\leq 0,5$ e $\leq 1,0$ mm). A menor influência foi observada na configuração simétrica. Investigações futuras pretendem mostrar o impacto da variação torque em DMe e DMA nas imagens de RM e do aumento de DMe e DMA na acurácia de posicionamento do alvo em um tratamento com GK.



Conclusões: O crescimento do torque se mostrou influente na capacidade de detecção da caixa pelo TPS, com variação crescente de DMe e DMA em todas as configurações, sendo os piores resultados gerados por altas assimetrias diagonais.

Influência Dosimétrica da Inclusão da Mesa de Tratamento para Planejamentos de Radioterapia

Scherma, Luana¹; Serante A.R.¹; Emiliozzi C.Z.S.¹

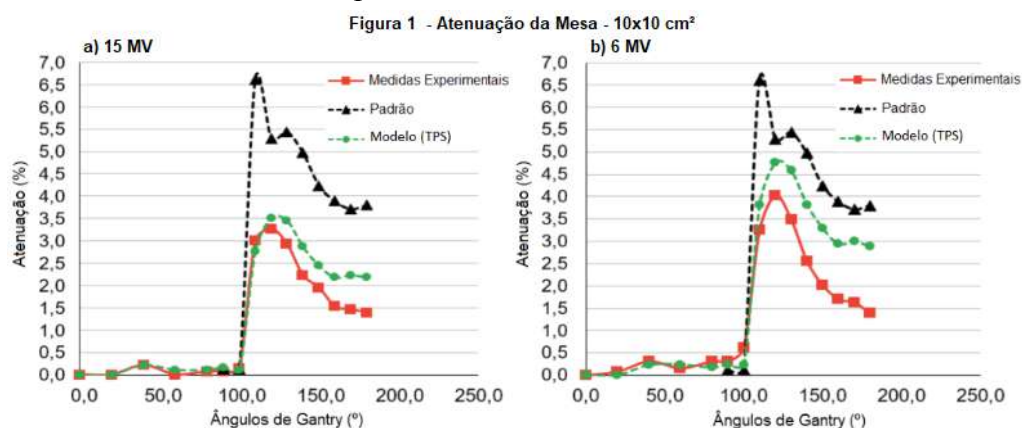
¹Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

Contato: luana.scherma@hc.fm.usp.br

Introdução: Os impactos dosimétricos de dispositivos externos ao paciente causam modificações na distribuição de dose devido à atenuação do feixe, o que pode alterar o tratamento planejado. Dentre estes dispositivos, a perturbação causada pela mesa de tratamento é a mais recorrente e, também, a mais negligenciada. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a atenuação da mesa de tratamento *iBeam*® (Elekta) e comparar com o previsto pelo sistema de planejamento (TPS) *Monaco*® (Elekta).

Materiais e Métodos: Em um acelerador linear *Synergy*® (Elekta), foram realizadas medidas de atenuação para feixes de 6 e 15 MV, com uma câmara de ionização PinPoint (PTW) e um fantoma cilíndrico de acrílico, para angulações de 0 a 180°. As medidas foram normalizadas para a condição de mesa não presente e comparadas com dados do TPS quando incluída a mesa de tratamento, através de perfis fornecidos: pelo fabricante (Padrão), com as densidades eletrônicas relativas à água, de valores 1.20 e 0.020; e dados encontrados na literatura, com densidades modificadas para obter menor erro médio (Modelo), de valores 0.60 e 0.065, para o revestimento externo de fibra de carbono e interior de espuma, respectivamente.

Resultados e Discussões: Comparados os dados com o Padrão e Modelo, obteve-se:



Conclusões: Os desvios máximos absolutos demonstraram diferenças significativas, reduzidos de 3,61% para 0,78% (15 MV) e de 3,35% para 1,49% (6 MV), comparados os perfis Padrão e Modelo, respectivamente; demonstrando ser essencial a inclusão da mesa de tratamento no planejamento com dados validados experimentalmente.



**Knowledge-Based VMAT plans with and without
Avoidance Structure for hypofractionated early
left breast cancer**

Castelo, JHM.^{1,2}; Menezes, DCT.^{1,2}; Bitterncourt, GR.; Rosa, LAR²; Bonifácio,
DAB.^{1,2};

1- Física Médica – Oncoclínicas RJ

2- Física Médica – IRD, CNEN

Contato: jhmcastelo@gmail.com

Introdução: Avoidance Structure (AvS) tool allows Eclipse's Photon Optimizer to close MLC Leaves when a selected structure is seen in the beam's eye view. Blocking entry and exit of the beam on part of the heart and lungs can be beneficial for VMAT breast plans.

Materiais e Métodos: Dosimetric comparison was performed for organs at risk and PTV coverage for a retrospective sample of 30 patients treated in whole breast in 1 week regimen. Two sets of plans were generated in a Halcyon v2 linac with and without AvS (entry + exit). Hypothesis testing was performed via the Wilcoxon signed rank test.

Resultados e Discussões: AvS plans had greater monitor units, similar coverage and hotspots. Organs at risk received lower doses except for the right breast ($p < 0.05$).

Conclusões: Except for the right breast, the AvS tool improved organs at risk sparing and did not worsen the coverage or hotspots.

Referências Bibliográficas:

Fogliata, A., *et al* Knowledge-based dvh estimation and optimization for breast vmat plans with and without avoidance sectors. **Radiation Oncology** v17(1), 1–11 2022

Modelagem da mesa de tratamento no sistema de planejamento

Furquim, Luiz F. S. S.¹; Banhate, A.¹; Querelli, G.E.¹

Departamento de Radioterapia – Rede D’or São Luiz – DFstar

Contato: luiz.furquim@dfstar.com.br

Introdução: A precisão no cálculo de dose é essencial para garantir a eficácia e a segurança do tratamento. Em vista disso, é importante considerar o impacto na distribuição de dose no paciente devido a dispositivos externos. O objetivo desse trabalho é realizar uma modelagem da mesa utilizada no sistema de planejamento.

Materiais e Métodos: Foi realizado o cálculo de dose no TPS na mesma geometria das medidas, variando os valores de densidade eletrônica (ED) dos componentes da mesa. À medida que se varia a ED da mesa se obtém um valor de atenuação diferente, foram construídos gráficos da ED da mesa pela atenuação gerada, para cada ângulo de gantry e para cada energia e foram realizadas regressões lineares. A partir dos valores de atenuação medidos, foram obtidos os valores de ED da mesa que devem ser adotados, utilizando as funções lineares obtidas anteriormente.

Resultados e Discussões: Os valores obtidos nesse trabalho foram 0,76 para fibra de carbono e 0,02 para o núcleo. Na figura 1 temos o gráfico de fatores de atenuação pelo ângulo do gantry.

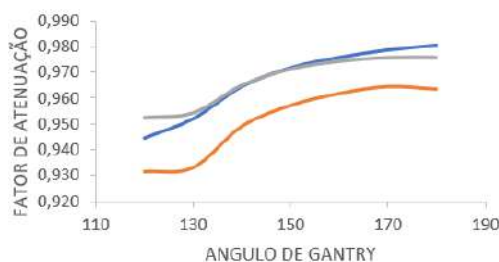


Figura 1: Valores de atenuação x gantry para energia de 6 MV. Medido (azul), Manual do Monaco® (laranja), Obtido (cinza).

Conclusões: A partir da figura 1 podemos afirmar que o modelo da mesa obtido nesse trabalho é superior ao modelo sugerido pelo fabricante. Esse resultado ressalta a importância do físico na implementação de ferramentas na radioterapia.



Otimização e Controle de Qualidade no plano de tratamento com teste End-to-End

Santos, M. R.¹; Martínez, B. A.²; Andrade, L. C.²; C. Beltran²

¹ Instituto Nacional do Câncer - INCA, ² PTW Latin America

Contato: maira.santos@inca.gov.br, info.la@ptwdosimetry.com

Introdução: Diante das atuais técnicas de tratamento e dos processos de automatização dos sistemas de planejamento, o objetivo do trabalho é conhecer as limitações das ferramentas de otimização de um TPS associada a validação end-to-end (E2E) através do fantoma RUBY (PTW-Freiburg).

Materiais e Métodos: O Fantoma utilizado foi o fantoma RUBY, com o inserto *System QA* (PTW-Freiburg), desenvolvido para validação E2E com uma câmara cilíndrica pin-point 3D (modelo 31016 - PTW). A imagem do conjunto foi adquirida no tomógrafo *Big Bore* (Philips), o TPS utilizado para análise das imagens tomográficas e planejamento foi o Eclipse 13.6 (Varian) com o algoritmo AAA (13.6.23). Foi criado um plano de VMAT simulando um tratamento de radiocirurgia com um feixe de 6 MV, com isocentro no centro do volume sensível do detector e resolução da matriz de cálculo de 2 mm.

Resultados e Discussões: Na tomografia realizada, o delineamento das estruturas osso, cérebro e pulmão tiveram desvios na ordem de 5%, entretanto foi identificado que o janelamento da tomografia teve papel crucial para o delineamento das estruturas. Na avaliação das densidades, as unidades de Hounsfield (HU) medidas, utilizando a curva de calibração do tomógrafo no TPS permitiram obter os dados de densidade eletrônica relativa (DER) e, ao comparados com a especificação do fabricante, as diferenças de DER para osso, pulmão e cérebro foram de -3,08%, 2,44% e 0,57%, respectivamente. Quanto à validação E2E, o desvio encontrado entre o planejamento e a irradiação de 2,14%.

Conclusões: Os valores de DER e dose absoluta na validação E2E indicam que este fantoma é eficiente para tais testes com praticidade e reprodutibilidade na rotina, podendo ser incluído na rotina de testes ou em qualquer situação de atualização de software ou modelamento dos dados.

Referências bibliográficas

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Commissioning and Quality Assurance of Computerized Planning Systems for Radiation Treatment of Cancer, Technical Reports Series No. 430, Vienna: IAEA, 2004.

Produção de fonte polimérica de fósforo-32 para braquiterapia

Teodoro, L.¹; Talacimon, C.¹; Medeiros, I.¹; Rigo, M.¹; Gesserame, M.¹; Rodrigues, P.¹; Nogueira, T.¹; Rosero, W.¹; Vieira, J.¹; Zeituni, C.¹; Rostelato, M.¹

¹Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – Universidade de São Paulo

Contato: laraehteodoro@usp.br

Introdução: O câncer do Sistema Nervoso Central (SNC) é o 18º câncer mais incidente do mundo, de acordo com a Organização Mundial da Saúde, e em 2020, no Brasil, representou 2,5% de todas as novas mortes por câncer. Uma fonte radioativa promissora para uso em braquiterapia para tratamento de câncer no SNC é o fósforo-32 em um substrato polimérico. Faz-se necessária uma produção brasileira desta fonte.

Materiais e Métodos: Como o fósforo-32 apresenta-se em formato líquido (ácido ortofosfórico, $H_3^{32}PO_4$), para produzir uma fonte polimérica que o contenha é necessário verificar quais resinas conseguem incorporá-lo. Assim, testou-se diversos tipos de resina, desde látex industrial até borrachas de silicone, misturando-as à mesma quantidade de ácido (sem radioatividade a princípio) para verificar a curabilidade de cada resina. Em todos os testes, as resinas curaram em moldes de 5 x 5 cm.

Resultados e Discussões: O melhor candidato para a produção de placas poliméricas de fósforo-32 é a borracha de silicone. Mesmo com a incorporação do ácido na resina, sua maleabilidade não foi alterada e suas propriedades físicas foram mantidas.

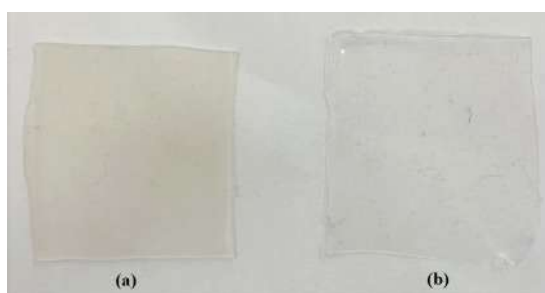


Figura 1: Comparação entre placas de silicone (a) com e (b) sem ácido incorporado.

Conclusões: É possível haver uma produção brasileira de fontes poliméricas de fósforo-32 brasileiras para tratamento de câncer no SNC.

Quantificação de radiodermite utilizando radiomics a partir de imagens digitais da pele.

Fonseca, M. E.; Arruda, G. V.; Hamamura, A. C.; Cardoso, G. C.; Pavoni, J. F.

Departamento de Física – Universidade de São Paulo

Contato: marcos.edu.fonseca@usp.br

Introdução: A radiodermite é uma consequência indesejada da radioterapia que se caracteriza por uma vermelhidão na pele. É classificada visualmente por um profissional de maneira subjetiva seguindo acordo com o critério de toxicidade da escala escolhida. Segundo o *Radiation Therapy Oncology Group/European Organization for Research and Treatment of Cancer (RTOG/EORTC)*, a depender da vermelhidão da pele, a radiodermite é classificada em graus que variam de 0 a 3. Para eliminar a classificação subjetiva, foi desenvolvido um método de automatização via *machine learning (ML)* para a classificação do grau da radiodermite em áreas do tratamento de radioterapia do câncer de mama, a partir das características radiômicas [1] extraídas da região de radiodermite em imagens digitais da pele.

Materiais e Métodos: Regiões de interesse (ROI) acometidas pela radiodermite nas 210 imagens coloridas (RGB) da pele de pacientes submetidas a radioterapia de mama, foram delimitadas utilizando o *Software 3DSlicer* e classificadas segundo a escala *RTOG/EORTC* por um médico radioterapeuta. Utilizando linguagem *Python*, as imagens foram convertidas para escala de cinza e as características radiômicas foram obtidas utilizando a biblioteca em *Python, Pyradiomics*. Com a mesma biblioteca, foram aplicados filtros nas imagens e novas características radiômicas foram extraídas. As características radiômicas das imagens com e sem filtros, das ROIs, e o grau da lesão associada foram utilizadas como entrada para o desenvolvimento de algoritmos de ML capazes de prever o grau da radiodermite. Foram testados os modelos de ML *Naive-Bayes (NB)*, *K-Nearest Neighbors (KNN)* e *Random Forest (RF)*.

Resultados e Discussões: Dentre os modelos desenvolvidos o que apresentou os melhores resultados foi a RF com imagens filtradas, com uma acurácia de $(98 \pm 1)\%$. A tabela 1 apresenta a matriz de confusão obtida com esses modelos.

Tabela 1: Matriz de confusão do modelo NB (em preto), KNN (em vermelho) e RF com filtros (em azul).

		Predicted Label			
		Graus	0	1	2
True Label	0	150 / 187 / 199	27 / 15 / 3	23 / 0 / 0	2 / 0 / 0
	1	18 / 3 / 3	29 / 99 / 99	6 / 3 / 3	2 / 0 / 0
	2	0 / 0 / 0	2 / 3 / 3	16 / 18 / 18	0 / 0 / 0
	3	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0	0 / 0 / 0	3 / 3 / 3

Conclusões: Um algoritmo de ML usando RF foi desenvolvido para predição do grau de radiodermite. Esse algoritmo tem potencial de aplicação no ambiente clínico para eliminação do emprego de critérios subjetivos de classificação nessa condição clínica.

SBRT para vértebras utilizando VMAT: comparação entre planos com 2 arcos utilizando diferentes metodologias no TPS Monaco

Folador, B.C.¹; Saraiva, C.W.C.¹; Bérnago, D.A.¹

Departamento de Radioterapia e Radiocirurgia – Hospital Do Coração (Hcor)

Contato: bcfolador@hcor.com.br

Introdução: em planejamentos realizados com arcoterapia com modulação da fluência do feixe (VMAT) é possível definir o “*max number of arcs*” na caracterização dos parâmetros de sequenciamento. Esse parâmetro altera o número de arcos, variando apenas o sentido de rotação. O objetivo deste estudo é comparar 5 parâmetros de avaliação de planos de Radioterapia Estereotáxica Corpórea (SBRT) para vértebras utilizando: 1 feixe com 2-arcos-por-feixe (2APF) e 2 feixes (1APF).

Materiais e Métodos: os planejamentos foram realizados em um TPS Monaco versão 5.51 (Elekta). Para esses planejamentos foram utilizados dados de 8 pacientes, com diagnóstico de metástase óssea em vértebra, tratados com fracionamento de 27 Gy em 3 frações. A modalidade de planejamento foi VMAT, cujas metodologias foram: para tratamento, um feixe com 2-arcos-por-feixe (2APF) e, na reotimização, dois feixes com 1-arco-por-feixe (1APF). Considerando o consenso apresentado por B. W. Cox et. al., os volumes alvo de planejamento (PTV) nesse estudo restringem-se ao corpo vertebral, localizados entre C6 e L3. Os volumes dos alvos variaram entre 20,556 cc e 75,498 cc para as vértebras C6 e L3, respectivamente. Após o processo de otimização dos planos, os mesmos foram normalizados considerando as coberturas obtidas nos planos utilizados para tratamento. Essa normalização foi feita para que a cobertura mínima do PTV, nos planos reotimizados, fosse a mesma do plano original. Na avaliação foram comparados os seguintes parâmetros: grau de modulação, quantidade de Unidades Monitor, dose mínima no PTV, número de segmentos e índice de gradiente (GI). O índice de gradiente utilizado é definido como $V_{P150\%}/V_{IP}$, onde $V_{P150\%}$ é o volume da isodose de 50% da isodose de prescrição e V_{IP} é o volume da isodose de prescrição. Sob a ótica de controle da qualidade (QA paciente específico) foi avaliado o índice *gamma* considerando os parâmetros DTA/diferença de dose de 3mm/3% com critério de aprovação para 95% dos pontos avaliados e *threshold* de 10%. Para esse QA foi utilizado uma matriz cilíndrica de diodos, ArcCHECK, modelo 1220, e software *SNC Patient* versão 6.0, ambos da SunNuclear. Para avaliação estatística, os dados foram obtidos de um histograma dose volume (DVH), do relatório de planejamento e do console de otimização.

Resultados e Discussões: a tabela 1 apresenta os resultados obtidos para cada uma das metodologias, com suas respectivas métricas de avaliação estatística.

Tabela 1 - Comparativo entre os planos de 1 feixe e 2 feixes

	1 feixe 2APF						2 feixes 1APF					
	Grau de Modulação	UM	Número de Segmentos	Índice de Gradiente	Dose Mínima no PTV (cGy)	Índice Gamma	Grau de Modulação	UM	Número de Segmentos	Índice de Gradiente	Dose Mínima no PTV (cGy)	Índice Gamma
	2,09	2127,9	133	3,88	2210,5	99,0	2,01	2015,7	125	3,92	2261,20	97,9
	2,13	3098,1	200	3,87	2333,6	99,1	2,17	2820,0	194	3,80	2315,80	98,4
	3,16	3466,2	234	5,05	2039,6	96,7	3,55	3483,1	184	4,77	2029,30	92,5
	2,28	2097,6	198	4,83	2310,2	97,5	2,31	2136,7	239	4,76	2305,40	98,6
	2,47	2913,3	128	4,21	2170,3	95,6	2,49	2709,0	139	4,24	2127,80	97,1
	2,01	2696,3	124	4,10	2061,8	97,5	2,03	2296,9	145	4,32	2107,50	97,8
	1,94	2640,8	104	4,17	2025,3	97,3	2,02	2294,5	119	4,13	1856,50	99,0
	2,19	2228,4	152	4,56	2260,2	96,4	1,83	2093,7	132	4,47	2317,60	95,4
Média	2,28	2658,59	159,13	4,33	2176,44	97,39	2,30	2481,20	159,63	4,30	2165,14	97,09
Desvio Padrão	0,39	491,85	45,92	0,44	122,77	1,21	0,54	496,39	41,97	0,36	166,16	2,16

Conclusões: Para ambos os planos, a dose mínima no PTV foi satisfatória para o tratamento. Os resultados obtidos para índice de gradiente (GI), grau de modulação e número de segmentos não apresentaram diferenças significativas de modo geral entre os dois métodos de planejamento. Apesar disso, foi possível observar que os planos com dois feixes (1APF) tiveram menor unidades monitor (UM) em comparação com aqueles de um feixe (2APF), o que implica em um menor tempo de tratamento. Também é possível observar que os planos com maior grau de modulação, são os que apresentaram maior unidade monitor, como esperado. No que tange à avaliação do QA ambos apresentaram resultados equivalentes, mesmo com a reprovação de um dos planos de dois feixes.



Simulação Monte Carlo de colimadores GRID para estudos em pequenos animais

Godoi, G.F.¹; Souza, L.R.¹; Nicolucci, P.¹

¹Departamento de Física – FFCLRP - Universidade de São Paulo

Contato: gabriela.fleck@usp.br

Introdução: A terapia GRID utiliza colimadores com padrões espaciais de radiação não uniformes, gerando picos e vales de dose no volume alvo. Com base nessa terapia é possível irradiar o tumor com doses heterogêneas a fim de preservar o tecido saudável. Estudos *in vitro* e *in vivo* ainda são necessários para que haja o potencial de expansão da técnica em situações clínicas. O objetivo deste trabalho foi estudar colimadores GRID para implementação de um sistema de irradiação de células e pequenos animais.

Materiais e Métodos: Por meio da Simulação Monte Carlo, com o pacote PENELOPE 2014, foram feitas simulações e análises das distribuições de doses de colimadores GRID de alumínio e chumbo em um objeto simulador de água. Os colimadores simulados são cilíndricos, de 5 cm de diâmetro, com furos de 3mm. Espessuras de colimador de 3,5 cm e 5 cm foram estudadas. Os perfis de dose foram analisados em relação ao padrão vale-pico utilizando o programa Matlab[®], sendo a dose de pico referente à dose no caminho do feixe não bloqueado, e a dose de vale referente à dose abaixo das áreas bloqueadas pelo colimador. Portanto, a relação vale-pico quantifica o grau de fracionamento espacial obtido com o colimador GRID.

Resultados e Discussões: Os resultados com colimadores de alumínio de 3,5 cm e de 5 cm apresentaram uma razão vale-pico de 15,2% e de 14,6% respectivamente. Para as mesmas espessuras de chumbo foram obtidas razões vale-pico de 5,4% e de 6,2%, respectivamente.

Conclusões: Os resultados mostraram que ambas as configurações demonstram bons resultados da técnica simulada. O grau de fracionamento espacial foi similar para os dois colimadores de alumínio. Os melhores resultados foram obtidos com os colimadores de chumbo, que resultaram em maior fracionamento espacial. Torna-se evidente, portanto, o impacto de diferentes materiais do colimador na eficiência de produção de fracionamento espacial.



TBI do Hospital de Amor de Barretos: um estudo epidemiológico.

Morato, Leonardo de F.¹; Altei, Wanessa Fernanda.¹; Giglioli, Milena.²

¹Departamento de Radioterapia – Hospital de Amor de Barretos (HAB)

²Varian Medical Systems

Contato: leonardomorato.nap@gmail.com

Introdução: O TBI (Total Body Irradiation) é uma técnica empregada para tratar todo o corpo do paciente que será submetido ao transplante de medula óssea. Apesar de ser uma técnica antiga, o modo de fazer o TBI não é padronizado por variar conforme condições específicas de cada departamento de radioterapia e heterogeneidade dos pacientes. Devido a essas variações, eleva o interesse em avaliar a caracterização do tratamento obtido institucionalmente. Diante deste panorama, este trabalho mostra uma análise epidemiológica dos pacientes submetidos à TBI, como fase prévia a análise de toxicidade.

Materiais e Métodos: Trata-se de um estudo retrospectivo, com 35 pacientes adultos que realizaram TBI no departamento de radioterapia do (HAB), no período de 2015 a 2018.

Resultados e Discussões: Os pacientes foram submetidos aos protocolos de seis frações totais, sendo duas vezes ao dia, e a dose por fração foi 165 cGy ou 200 cGy, posicionados em decúbito dorsal, com incidência lateral do feixe, a uma distância de 3-5m. (Tabela 1).

Conclusões: O perfil epidemiológico, bem como o protocolo de condicionamento foram

identificados como proposto. Estes dados auxiliaram a equipe a definir quais parâmetros serão correlacionados com as toxicidades na próxima etapa do estudo.

Tabela 1. Caracterização de dados epidemiológicos e tratamento.

Dados	Valor	(%)
Sexo		
Masculino	17	48,6
Feminino	18	64,4
Região de Origem		
Norte	5	14,3
Nordeste	2	5,7
Centro-Oeste	1	2,9
Sudeste	23	65,7
Sul	4	11,4
Diagnóstico do Paciente		
LLA	32	91,4
LMC	3	8,6
Tipo de TMO		
Autólogo	1	2,9
Alogênico Aparentado	5	14,3
Alogênico Não Aparentado	17	48,6
Alogênico Haploidêntico	12	34,3
Protocolo de Condicionamento		
FLU + MEL + TBI	7	20
FLU + MEL + TBI + ATG	11	31,4
FLU + TBI	15	42,9
FLU + TBI + ATG	2	5,7
Acelerador		
600CD	1	2,9
2100	34	97,1
Dose Total (cGy)		
1200	18	51,4
990	17	48,6

Morato Leonardo de F., *et al.*: TBI do Hospital de Amor de Barretos: um estudo epidemiológico. **Public.** v. 02, p. 01, 2023.



Um novo método de cálculo de pesos para curvas primitivas em picos de Bragg espalhados em protonterapia

Souza, F.¹; Nascimento, J.¹; Neto, R.²; Cardoso, S.²; Rosa, L.¹

¹Instituto de Radioproteção e Dosimetria – Comissão Nacional de Energia Nuclear

²Instituto de Física – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Contato: felipemlucas@poli.ufrj.br; juliana211997@gmail.com

Introdução: *Spread Out Bragg Peaks (SOBP)* é um método de protonterapia que utiliza modulação do feixe para criar um perfil de dose em profundidade, correspondendo à posição do tumor. Existem diferentes metodologias para o cálculo dos fatores de peso das curvas para formação do *SOBP*. Em geral, são modelos analíticos complexos, algoritmos pouco difundidos e que precisam de correção posterior. O objetivo deste estudo é apresentar um novo método, mais prático e sem necessidade de correções, para calcular os pesos das curvas de Bragg para formação de um *SOBP* plano.

Materiais e Métodos: Foram realizadas 8 simulações correspondendo aos passos em um disco modulador de alcance necessários para a formação do *SOBP* de 50 mm. Foi utilizado o método de Monte Carlo por meio do código TOPAS MC para obtenção dos valores de dose em um simulador de água. O método proposto consiste em obter os pesos iterando os valores de forma a minimizar sua variância na região de interesse. Para o primeiro fator de ponderação foi definido arbitrariamente um valor igual a 10. O algoritmo foi repetido até que a minimização fosse encontrada com precisão de 0,01 para cada um dos demais fatores de peso.

Resultados e Discussões: O método gerou pesos para cada uma das curvas. O perfil de dose no *SOBP* apresentou valor médio na região de interesse ($1,089 \pm 0,004$) unidades relativas de dose. O *SOBP* formado pela soma ponderada das 8 curvas pode ser visto na Figura 1.

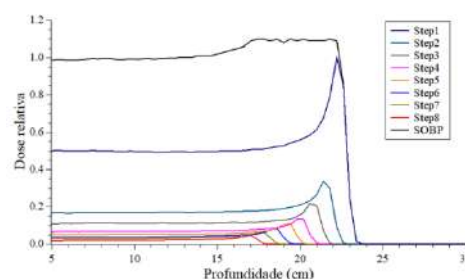


Figura 1. *SOBP* formado pela soma de 8 curvas com pesos distintos.

Conclusões: Foi apresentado um método rápido, eficaz e objetivo para obtenção dos pesos das curvas de Bragg que compõem o *SOBP*. Esse método pode ser aplicado em outros estudos e oferece vantagens em relação a métodos tradicionais da literatura, como a produção de um platô de dose que dispensa correções.

Uso do sistema Clarity AutoScan 4D para monitoramento Intrafração em tratamentos de próstata

Banhate, A.¹; Querelli, G.E.¹; Furquim, L.F.S.S.¹; Castilho, T.G.¹

¹Hospital DF Star – Rede D’Or São Luiz

Contato: andrebanhate@gmail.com

Introdução: O Clarity AutoScan 4D é um sistema de radioterapia guiada por imagem (IGRT) baseado em imagens de Ultrassom Transperineal para posicionamento e/ou monitoramento intrafração em tempo real, de forma não ionizante e não invasivo, podendo pausar automaticamente o feixe de radiação em caso de detecção de movimentos do alvo acima de limites de tolerância pré-definidos. Normalmente, tais valores de tolerância são definidos pela margem de planejamento utilizada. Este trabalho teve como objetivo uma análise institucional dos tratamentos de próstata realizados utilizando o Clarity como IGRT intrafração desde sua implementação em 2019.

Materiais e Métodos: Avaliou-se as margens de planejamento utilizadas para tratamentos de próstata, bem como a movimentação intrafração do alvo em casos de SBRT de próstata.

Resultados e Discussões: Em 2020, apenas 5% de todos os tratamentos realizados utilizaram margens de planejamento de 3mm. Já em 2022, tratamentos com margens de 3mm, representaram 91% dos casos realizados, como demonstrado na Figura 1. Para os tratamentos de SBRT, 73% e 27% dos casos foram realizados utilizando margens de 3mm e 5mm, respectivamente. Além disso, 111 frações de SBRT foram analisadas, na qual 28 (25%) tiveram interrupção do feixe devido a movimentação intrafração acima do limite de tolerância, sendo suas direções demonstradas na Tabela 2. 5 pacientes com tratamentos de 5 frações apresentaram interrupções do feixe, devido a movimentação, em mais de 3 frações.

Conclusões: Conclui-se que o sistema Clarity é uma ferramenta eficaz para o monitoramento on-line e a correção de posição em tempo real, fornecendo informação do movimento interno durante todo o processo de tratamento. Observou-se também que a confiabilidade e experiência adquirida no sistema proporcionou uma redução das margens de planejamento.

Figura 1: Margens de planejamento para tratamentos de próstata ao longo dos anos.

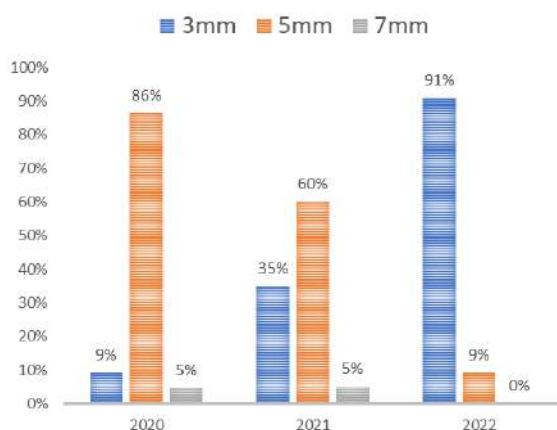


Tabela 1: Direções da movimentação do alvo acima do limite de tolerância em casos de SBRT de próstata, levando a interrupção do feixe.

Direção	Interrupções
Antero-Posterior	12
Superior-inferior	8
Latero-Lateral	8



Utilização de câmaras tipo Farmer para dosimetria de feixes de elétrons

Prospero G.P.^{1,2}, Ferreira A.C.², Pina D.R.², Pernomian A.C.², Oliveira W.²

1 – Grupo RTCON – Consultoria em Radioterapia;

2 – Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu (HCFMB).

Contato: andregprospero@gruportcon.com

Introdução: O *Technical Report Series 398 (TRS-398)*, *Electron Dosimetry Working Party*, and *Task Group 51 (TG 51)* são os protocolos de dosimetria de referência mais utilizados. Esses protocolos recomendam o uso de câmaras de ionização de placas paralelas para feixes de elétrons de baixa energia. Entretanto, trabalhos mais recentes têm sugerido o uso de câmaras de ionização cilíndricas para a dosimetria de feixes de elétrons de quaisquer energias [1]. Neste estudo comparamos diferentes protocolos utilizando câmaras cilíndricas, com o protocolo do TRS-398 utilizando câmaras de placas paralelas, para a dosimetria de feixes de elétrons de várias energias.

Materiais e Métodos: Utilizamos um acelerador linear Varian 2100C, uma câmara de placas paralelas Exradin P11 e uma câmara Farmer Exradin A12. Realizamos dosimetrias utilizando diferentes metodologias alternativas associados à utilização da câmara A12; e os dados foram comparados aos obtidos da metodologia do TRS-398 (placas paralelas).

Resultados e Discussões: Os resultados mostraram diferenças abaixo de 3% quando comparados o uso da câmara A12 e diferentes formalismos com a metodologia do TRS-398 (P11). As diferenças podem estar relacionadas com incertezas presentes em ambos os protocolos e em ambos os tipos de câmaras [2].

Conclusões: Nossos resultados podem trazer confiança na utilização de câmaras cilíndricas para a dosimetria de feixes de elétrons, o que simplifica e aumenta a velocidade do processo de dosimetria.

Referências bibliográficas

1 - MUIR, B.R., A modified formalism for electron beam reference dosimetry to improve the accuracy of linac output calibration. **Med Phys**, 2020. 47(5): p. 2267-2276.

2 - MUIR, B.R. and M.R. MCEWEN, On the use of cylindrical ionization chambers for electron beam reference dosimetry. **Med Phys**, 2017. 44(12): p. 6641-6646.



Validação de um Feixe de Fótons a Partir do Feixe de Elétrons Produzido Pela Interação dos fótons com o Meio Utilizando o Método de Monte Carlo

Rayol, R.¹; Marques, F.²; da Rosa, L.²; Cardoso, S.¹

¹Instituto de Física – Universidade Federal do Rio de Janeiro

²Instituto de Radioproteção e Dosimetria – CNEN

Contato: ruyrayolneto17@gmail.com

Introdução: O método de Monte Carlo é uma ferramenta muito utilizada para o estudo da interação da radiação com a matéria. No entanto, considerando as dimensões e seções de choque dos eventos relevantes para efeitos biológicos, o uso de fótons torna-se pouco eficiente considerando-se a quantidade de dose depositada em relação ao número de partículas geradas pelo código. O objetivo deste trabalho é validar um feixe de fótons de 6 MV a partir de um feixe de elétrons produzido pela interação dos fótons com o meio para simular irradiações de estruturas biológicas na ordem de nanômetros e micrômetros.

Materiais e Métodos: O código TOPAS MC foi utilizado para simular irradiações de caixas de água com dimensões desde 5x5x1 até 5x5x0,01 cm³, com um espectro de fótons de 6 MV, para avaliar a fluência de energia dos elétrons produzidos. Posteriormente, uma série de irradiações, estas com o espectro de elétrons obtido, foi realizada nas mesmas caixas de água para comparação de doses entre os diferentes feixes.

Resultados e Discussões: A Tabela 1 mostra os dados das duas fases de irradiação e a comparação entre elas. Verifica-se que a diferença entre os valores de dose obtidos com os diferentes feixes diminui diretamente com a redução da profundidade da caixa de água.

Tabela 1: Comparação entre valores de dose gerados por um espectro de fótons de 6 MV e um feixe de elétrons normalizados pela fluência de energia.

	Caixa de 5 x 5 x 1 cm ³		Caixa de 5 x 5 x 0,1 cm ³		Caixa de 5 x 5 x 0,01 cm ³	
	Dose (Gy/mm ²)	Incerteza (Gy)	Dose (Gy/mm ²)	Incerteza (Gy)	Dose (Gy/mm ²)	Incerteza (Gy)
Feixe de fótons	3,67E-08	3,22E-07	3,46E-08	5,16E-07	3,31E-08	6,67E-11
Feixe de elétrons	2,76E-08	8,71E-07	2,71E-08		2,66E-08	1,16E-11
	Discrepância		Discrepância		Discrepância	
	24,71%		21,73%		19,77%	

Conclusões: Verificou-se que há uma discrepância significativa entre os valores de dose gerados por fótons e elétrons (aproximadamente 20%). Destaca-se que a fluência de energia de elétrons foi obtida somente no plano da face posterior da caixa do simulador. Desta forma, a probabilidade de elétrons produzidos terem perdido energia cinética até o plano de registro da medida não deve ser desprezada. Torna-se inviável o uso do feixe de elétrons gerado, a partir de um feixe de fótons, como alternativa para irradiação de amostras biológicas no código TOPAS MC.



Verificação da acurácia do cálculo de dose na imagem de *Cone-Beam CT* utilizando curva de calibração específica baseada em fantoma, para casos de cabeça e pescoço (CP).

Baroni, Nathalia.¹; Panissi, Gustavo C.¹; Fioravante, Gustavo D.¹

Departamento de Radioterapia – Hospital de Amor de Barretos

Contato: nathbaroni96@gmail.com

Introdução: Uma das técnicas de radioterapia guiada por imagem (IGRT) é a aquisição *Cone Beam CT* (CBCT), que permite fazer uma comparação com a imagem da tomografia de planejamento, analisar as condições anatômicas internas e corrigir o posicionamento do paciente ao longo do tratamento. As imagens de CBCT também podem ser usadas para monitorar as mudanças dosimétricas que ocorrem devido a alterações anatômicas, no entanto a presença de artefatos e limitações no campo de aquisição prejudicam a qualidade da mesma e podem dificultar o processo de análise e cálculo dosimétrico.

Um dos métodos de se estimar a dose nas imagens de CBCT passa pela obtenção de curvas de calibração de densidade eletrônica por *Hounsfield Unit* (HU) baseada em fantasmas tecido equivalentes, tais como o *Catphan® 604* (*The Phantom Laboratory, Salem, NY*), que possui várias regiões com materiais de diferentes densidades eletrônicas.

Neste trabalho foi explorado o método de cálculo na CBCT por meio da obtenção da curva de calibração HU x densidade eletrônica baseada em fantoma, comparando a distribuição de dose na imagem CBCT com a do planejamento inicial (pCT) para pacientes de CP, com o intuito de verificar a acurácia do cálculo e validar a curva.

Materiais e Métodos: Para determinar a curva de calibração, foi adquirida uma imagem CBCT do fantoma *Catphan®604* (*The Phantom Laboratory, Salem, NY*) com o protocolo de CP (tensão igual a 100 KV e corrente igual a 150 mAs) no acelerador linear True Beam Stx® (Varian Medical Systems). Na sequência, foram coletados os valores de HU para as respectivas regiões com diferentes densidades eletrônicas.

As etapas de fusão e segmentação de estruturas foram realizadas nas imagens de CBCT do primeiro dia de tratamento, e o cálculo dosimétrico foi feito utilizando a curva obtida, através do algoritmo Analítico Anisotrópico (AAA). Os parâmetros de otimização e normalização do plano foram mantidos iguais aos da pCT. Foi garantido que a anatomia da imagem CBCT estava condizente com a CT medindo a distância latero-lateral no pescoço a nível da vértebra C1 e verificando a área dessa fatia do pescoço, uma análise percentual desses dados foi efetuada.

O trabalho foi desenvolvido com 5 pacientes que receberam tratamento com a técnica *Volumetric Modulated Arc Therapy* (VMAT) na região de CP. Foram avaliados parâmetros de cobertura de dose nos alvos clínicos (CTV) e de planejamento (PTV), dose máxima em órgãos de risco como medula e pele e dose média nas parótidas esquerda e direita.

Resultados e Discussões: A média dos resultados obtidos encontram-se dispostos na tabela 1.

PTV / Órgãos de risco	Parâmetros Dosimétricos	Médias dos desvios de dose entre pCT e CBCT (%)	Média dos desvios das medidas latero-lateral a nível de C1 (%)	Média dos desvios da área da fatia do pescoço a nível de C1 (%)
CTV	Dose em 99%	1,628	4,14	18%
	Dose em 95%	0,586		
	Dose em 0,03 cc	1,227		
PTV	Dose em 99%	2,051		
	Dose em 95%	1,014		
	Dose em 0,03 cc	2,167		
Medula	Dose máxima	2,203		
Medula PRV	Dose máxima	2,795		
Pele	Dose máxima	4,63		
Parótida Direita	Dose média	2,62		
Parótida Esquerda	Dose média	1,604		

Tabela 1: Média dos resultados encontrados

Conclusões: Os resultados encontrados foram satisfatórios, mostrando uma média dos desvios próximo a 2%, portanto o método de cálculo por curva de calibração na CBCT se mostrou acurado.

Verificação de dose entregue pelo sistema de planejamentos de radioterapia em tratamento de cabeça e pescoço na técnica conformacional 3D

Ferreira, A.C.¹; Rodrigues, D.P.²; Oliveira, W.³; Próspero, A.⁴

Setor Técnico de Radioterapia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

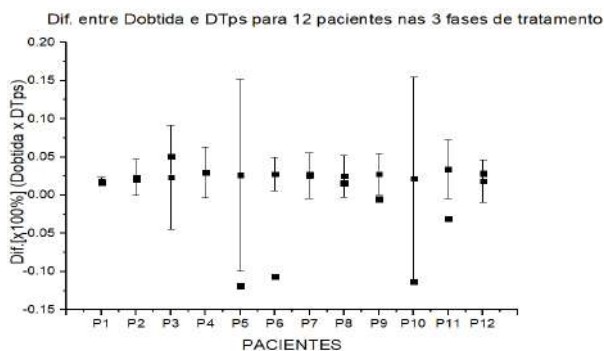
Contato: ana.carolina-ferreira@unesp.br

Introdução: O sistema de planejamento de tratamento (TPS) é uma ferramenta computacional que deve ser checada para garantir que a dose terapêutica seja entregue ao paciente como a planejada, minimizando assim, erros em rotinas de serviços de radioterapia.

Materiais e Métodos: Foram selecionados 12 pacientes submetidos ao tratamento de cabeça e pescoço em 2022, um fantoma foi construído com placas de água sólida e criado o plano de verificação a partir da imagem tomográfica deste, permitindo reproduzir as fluências de planejamento e coletar as doses através de um conjunto de detector (C.I) em acelerador linear (Clinac 2100C – Varian).

Resultados e Discussões:

Figura 1: Resultado preliminar da Dif. D(obtida) e D(TPS) para 3 fases de tratamento.



Conclusões: As Dif(%) obtidas no isocentro tiveram uma discrepância de 4% ao valor da literatura (Tol. 5%), tornando evidente a necessidade de escolha de pontos alternativos fora do isocentro para investigação, de acordo com o avanço prospectivo da metodologia deste presente trabalho.

Referências bibliográficas

Iwai, Pedro, *et. al*, (2019). 3D Conformal Radiotherapy End-to-End Test with Customized Anthropomorphic Phantom Head. **24 Brazilian Congress on medical physics**, (p. 567). Brazil.



Verificação End-to-End de SRS Automatizada com Hyperarc na plataforma Truebeam

Alves, L.¹; Santos, M.²; Albino, L.³

Departamento de Energia Nuclear – Universidade Federal de Pernambuco

Contato: luccasmalves2@gmail.com.br

Introdução: O teste End-To-End (E2E) é capaz de fornecer a incerteza global de todo processo de uma radiocirurgia craniana (SRS). O software HyperArc automatiza parte do processo de planejamento de SRS. O trabalho objetiva aferir a incerteza global de todo planejamento de uma SRS seguindo todo o fluxo utilizado no Real Hospital Português.

Materiais e Métodos: Foram feitas imagens de ressonância magnética (RM) do fantoma antropomórfico de crânio STEEV2 para avaliação do grau de distorção com relação a imagem de tomografia computadorizada (CT). Após criar plano de tratamento, avaliou-se as doses absoluta com câmara de ionização e planar com filme radiocrômico.

Resultados e Discussões: Os testes de aceite obtiveram com incertezas menores que as preconizadas por documentos internacionais de aceite para SRS.

Alvo	Diferença Dose Absoluta	Diferença Dose Planar
Irregular	2,4 %	98,8%
Esférico	1,9 %	99,1%

Tabela 1: Resultados dosimétricos.

Volume Real (cm ³)	Volume na RM T1 (cm ³)	Volume na RM T2 (cm ³)	Volume na TC (cm ³)
12,5	12,2	12,6	12,7

Tabela 2: Comparação de Volumes TC vs RM.

Conclusões: Os resultados obtidos foram satisfatórios, comprovando que todo processo de radiocirurgia automatizada pelo software HyperArc junto com o processo de aquisição de imagens possuem uma incerteza dosimétrica dentro dos valores de aceite internacionais de SRS..

Referências bibliográficas

Desenvolvimento de simulações multidomínio para a análise da origem de artefatos na imagem fotoacústica

Borges, C. M. V.¹; Fernandes, G. S. P.¹; Pavan, T. Z.¹

¹Departamento de Física – Universidade de São Paulo (FFCLRP-USP)

Contato: carolinamoravec@usp.br

Introdução: A presença de estruturas “absorvedoras” de luz na pele leva à ocorrência de artefatos na imagem fotoacústica. Estuda-se como o posicionamento do laser (fonte) e do transdutor de ultrassom, em relação a uma estrutura “absorvedora”, influencia a geração de artefatos.

Materiais e Métodos: Este trabalho consistiu em simulações computacionais multidomínio desenvolvidas seguindo o modelo das medidas experimentais *in vivo* do artigo de Preisser *et al.* [1]. Utilizou-se o software MATLAB®, junto às *toolboxes* MCXLAB (simulação óptica) e k-Wave (simulação acústica).

Resultados e Discussões: Em (1), os artefatos se acumularam na região inferior da imagem. Em (2), os artefatos estavam espalhados ao longo de todo o plano da imagem.

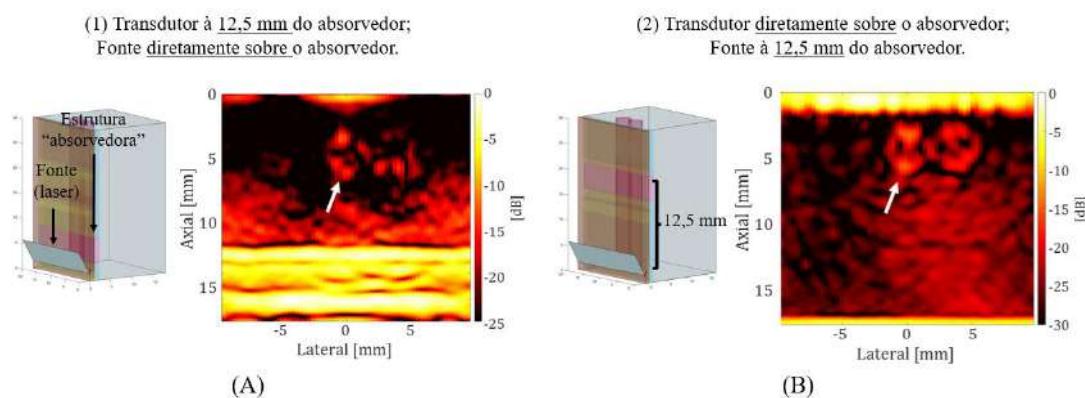


Figura 1: Imagens fotoacústicas obtidas para as duas configurações (1 e 2) propostas.

Conclusões: Assim como discutido no artigo de referência [1], observou-se diferenças significativas no padrão de artefatos para cada configuração (1 e 2).

Referências bibliográficas:

[1] Preisser, S., et al. Study of clutter origin in in-vivo epi-optoacoustic imaging of human forearms. **Journal Of Optics**, [S.L.], v. 18, n. 9, p. 094003, 10 ago. 2016.

Imagens térmicas baseadas em fotoacústica usando iluminação LED

Pires, L. Z.¹; Bordonal, R. R.¹; Uliana, J. H.¹; Freire, J. E.¹; Carneiro, A. A. O.¹;
Pavan, T. Z.¹

¹Departamento de Física – Universidade de São Paulo

Contato: larazp@usp.br

Introdução: A técnica de imagem fotoacústica (PA) consiste na geração de ondas acústicas devido à absorção de energia luminosa. A magnitude do sinal PA depende desta absorção, e também de propriedades ópticas, mecânicas e térmicas do tecido. Posto isso, esta pesquisa visa avaliar, com um sistema de imagem PA com iluminação LED, a dependência do sinal PA e da velocidade do som de um *phantom* em relação à temperatura. O objetivo final deste estudo é gerar imagens térmicas para monitoramento de procedimentos de tratamento do câncer por hipertermia.

Materiais e Métodos: Utilizou-se um *phantom* paralelepípedo, homogêneo, de gelatina contendo nanopartículas de óxido de ferro. Com esse *phantom*, obteve-se dados de ultrassom e PA em função de temperaturas de 29°C a 42°C. Para tanto, utilizou-se uma cuba, preenchida com água destilada, com sistema de temperatura controlável, a qual apresentava acoplamento de dois transdutores de ultrassom monocanal, conectados a um gerador de sinal e osciloscópio. Estes dados foram processados em ambiente MATLAB para avaliação da amplitude do sinal PA e da velocidade do som do *phantom*.

Resultados e Discussões: Os valores da média da amplitude do sinal PA obtidos a partir de imagens e velocidade do som são exibidos na Figura 1.

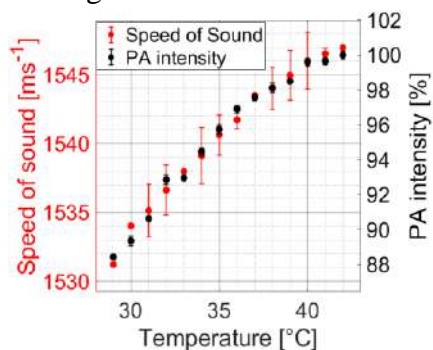


Figura 1- Gráfico da velocidade do som (m/s) e intensidade relativa do sinal fotoacústico em relação à temperatura (°C).

Conclusões: Conclui-se que a amplitude da magnitude do sinal PA é proporcional à temperatura, assim como a velocidade do som, seguindo as expectativas teóricas.



Nanopartículas multifuncionais revestidas por látex da borracha natural para aplicações teranósticas

Vicente, Thiago¹; Arsalani, Saeideh¹; Quiel, Mateus¹; Fernandes, Guilherme¹; Guidelli, Éder¹; Baffa, Oswaldo¹; Carneiro, Adilton¹; Ramos, Ana Paula²; Pavan, Theo¹

- 1- Departamento de Física – - FFCLRP - Universidade de São Paulo
- 2- Departamento de Química – - FFCLRP - Universidade de São Paulo

Contato: thiagotiburcio37@usp.br

Introdução: Nanopartículas magnéticas (NPMs) têm mostrado grande potencial em biomedicina para fins teranósticos (diagnósticos e terapêuticos), no entanto, sua eficácia como agente de contraste para ultrassom e imagem fotoacústica (PAI) é limitada. Neste estudo, NPMs foram sintetizadas com látex de borracha natural (NRL) para melhorar seu comportamento como agente de contraste para magnetoacustografia (MMUS) e PAI. Também avaliamos o efeito do revestimento nas propriedades calorimétricas das NPMs como mediadoras de aquecimento em hipertermia magnética (MH).

Materiais e Métodos: Foram sintetizadas NPMs por coprecipitação em 3 volumes de solução NRL: 0 μL (NPM não revestida), 100 μL (NRL-100) e 400 μL (NRL-400). As NPMs foram amplamente caracterizadas e sua potencialidade em hipertermia magnética foi avaliada por calorimetria. Quarenta e cinco *phantoms* de gelatina com inclusões hemisféricas foram produzidos com diferentes concentrações, em massa, de NPMs e foram usados para as medidas de MMUS e PAI.

Resultados e Discussões: As NPMs apresentaram tamanhos médios de 10 a 20 nm, confirmados por difratometria de raios X e microscopia eletrônica de transmissão. Curvas de histerese magnética indicaram amostras superparamagnéticas. NPMs revestidas com NRL apresentaram magnetização de saturação aumentada, resultando em deslocamentos de maior magnitude em MMUS. O NRL aumentou a absorvância óptica das NPMs, resultando em uma melhoria na qualidade das imagens PA do *phantom*. A partir da MH, obteve-se a variação de temperatura e a potência de perda específica para todas as NPMs.

Conclusões: Este estudo demonstra que as NPMs revestidas com NRL são candidatos promissores para agentes de contraste em imagens MMUS, PA e como mediadores de calor para MH para tratamento de tumores.

Plataforma de aquisição e processamento de Magnetoacustografia

Valença, M.B.L.¹; Carneiro, A.A.O.¹; Pavan, T.Z.¹

Departamento de Física FFCLRP– Universidade de São Paulo

Contato: mathvalenca@usp.br

Introdução: Este projeto visa unificar técnicas ultrassônicas em uma plataforma magnetoacustográfica, que consiste em excitar magneticamente um meio marcado com nanopartículas magnéticas através de um campo magnético alternado, incluindo técnicas de elastografia, hipertermia e termometria. O objetivo final é implementar e calibrar uma plataforma de aquisição e processamento de magnetoacustografia em uma interface gráfica de usuário amigável ao usuário para gerar mapas de deslocamento e de termometria.

Materiais e Métodos: Foi realizada a atualização de um software em ambiente C++ com o objetivo de viabilizar a comunicação com a máquina de ultrassom Sonix DAQ em alta taxa de amostragem. A plataforma está sendo implementada em Matlab[®] para a geração de mapas de deslocamento e imagens térmicas das regiões de interesse.

Resultados e Discussões: A plataforma de aquisição e processamento já se encontram funcionais e capazes de operar com algumas limitações. A figura ao lado mostra a imagem de deslocamento (esquerda) das estruturas do meio marcado com as nanopartículas magnéticas e sob a ação da força magnética oscilatória e a imagem térmica (direita) gerada pelo processo de hipertermia magnética.

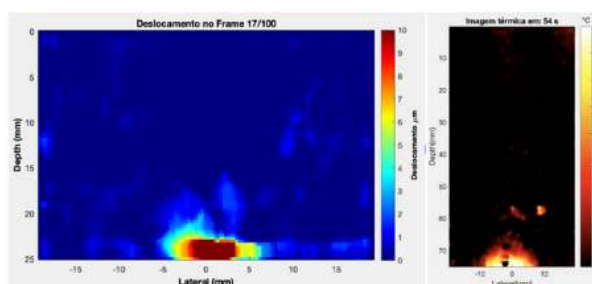


Figura 1: Imagens de deslocamento de nanopartículas e térmica obtidas com a plataforma de magnetoacustografia.

Conclusões: Os resultados da implementação da plataforma integrada têm proporcionado agilidade e viabilidade científica nos estudos envolvendo protocolos de diagnóstico e terapia integradas por meio da combinação de ultrassom e magnetismo.

Simulador para controle de qualidade de equipamentos de ultrassonografia no modo doppler

Valente, E. V. F.; Nascimento, I. C.; Oliveira, F. Q.; Tanaka, L. R. R.; Oliveira, C. L. L.; Malthez, A. L. M.

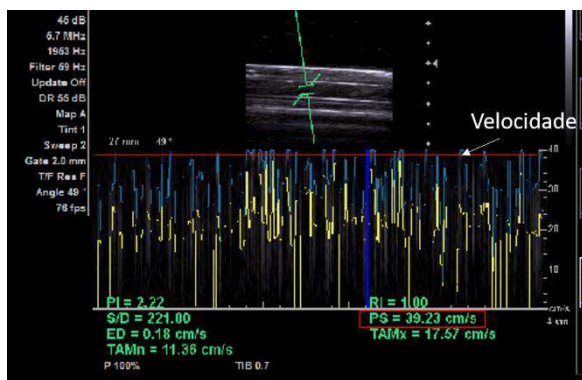
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Contato: efontoura@alunos.utfpr.edu.br

Introdução: A INSTRUÇÃO NORMATIVA - IN N° 96 da ANVISA, publicada em 2021, dispõem sobre os testes de controle de qualidade (CQ) nos equipamentos de ultrassom. Neste trabalho desenvolvemos e testamos um simulador para realizações de testes no modo doppler.

Materiais e Métodos: Para desenvolver esse simulador, foi elaborado um sistema de bombeamento com fluxo máximo de 120 L/h acoplado a mangueiras flexíveis de diferentes diâmetros (até 5 mm), no sistema circula um fluido aquoso simulando os fluxos sanguíneos. As mangueiras foram imersas em uma matriz gelatinosa, com características acústicas semelhantes ao tecido mole, vedada em um recipiente revestido internamente com silicone borracha.

Resultados e Discussões: O simulador desenvolvido para os testes de CQ foi utilizado em dois transdutores linear e convexo, com ultrassom Siemens (Acusson X 300) simulando fluxos que tiveram suas velocidades avaliadas com os transdutores apresentando valores similares aos ajustados no equipamento.



A Figura 1 mostra a velocidade estimada pelo sistema no modo doppler de aproximadamente 40 cm/s, compatível com a velocidade ajustada no sistema de bombeamento.

Figura 1- Teste do phantom para avaliar a velocidade do fluxo no modo doppler

Conclusões: Os testes reproduziram fluxos semelhantes dos sistemas biológicos, no CQ podem avaliar a velocidade e sensibilidade no modo doppler.

Sistema Portátil de Imagem Fotoacústica

Freire, J. E.¹; Uliana, J. H.²; Fernandes, G. S. P.³; Carneiro, A. A. O.⁴; Pavan, T. Z.⁵

Departamento de Física – Universidade de São Paulo

Contato: joseffreire@usp.br

Introdução: A fotoacústica (PA) é uma técnica de imagem médica que explora as propriedades de absorção óptica do meio através da resposta acústica gerada pela interação com a luz. Geralmente utilizam-se sistemas com iluminação laser em abordagens científicas, no entanto, a limitação portátil dificulta o seu uso, principalmente na área clínica. Suprindo essa necessidade, os sistemas de iluminação LED têm ganhado popularidade devido à sua característica portátil e ao baixo custo. Este estudo visa apresentar os aspectos gerais de um sistema LED frente às possibilidades de uso clínico.

Materiais e Métodos: Um sistema Acoustic-X (Cyberdyne) foi utilizado para adquirir as imagens PA, neste caso, dois barramentos de LED para iluminação em 850 nm foram acoplados ao transdutor ultrassônico, já para a aferição da saturação de oxigênio (sO₂) foi utilizado uma composição de LEDs em 750/850 nm. A fluência de energia por pulso foi estimada em 0,04 mJ/cm². A taxa de repetição de pulso foi de 4 kHz e a quantidade de médias realizadas no sistema foi de 384. Foram coletadas imagens em tempo real do dedo de um voluntário, dentro e fora da água, neste último utilizou-se molde gelatinoso.

Resultados e Discussões: As imagens multimodais adquiridas em tempo real mostram características fisiológicas, anatômicas e moleculares do dedo de um voluntário.

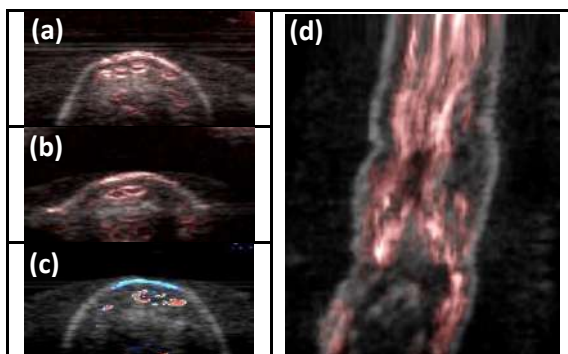


Imagem multimodal do dedo indicador de um voluntário. Corte transversal do dedo (a) submerso em água; (b) fora da água; (c) sO₂ dos vasos sanguíneos onde a cor vermelha tem nível de saturação maior que a azul; (d) varredura longitudinal 3D.

Conclusões: O sistema portátil PA LED é potencialmente adequado para o uso clínico.