



Rio de Janeiro, 24 de outubro de 2019

Avaliação de softwares para cálculo de dose independente, controle de qualidade paciente específico e dosimetria *in vivo*

Samuel Avelino

Físico Médico

Brasília-DF

samuel.avelino@vittaradioterapia.com.br

Conflitos de interesse



Utilizo softwares DoseCHECK e PerFRACTION da Sun Nuclear.

Não tenho conflitos de interesse em relação aos tópicos dessa aula.

Programa Garantia da Qualidade



Radiotherapy and Oncology 74 (2005) 283–291

**RADIOTHERAPY
& ONCOLOGY**
JOURNAL OF THE EUROPEAN SOCIETY FOR
THERAPEUTIC RADIOLOGY AND ONCOLOGY
www.elsevier.com/locate/radonline

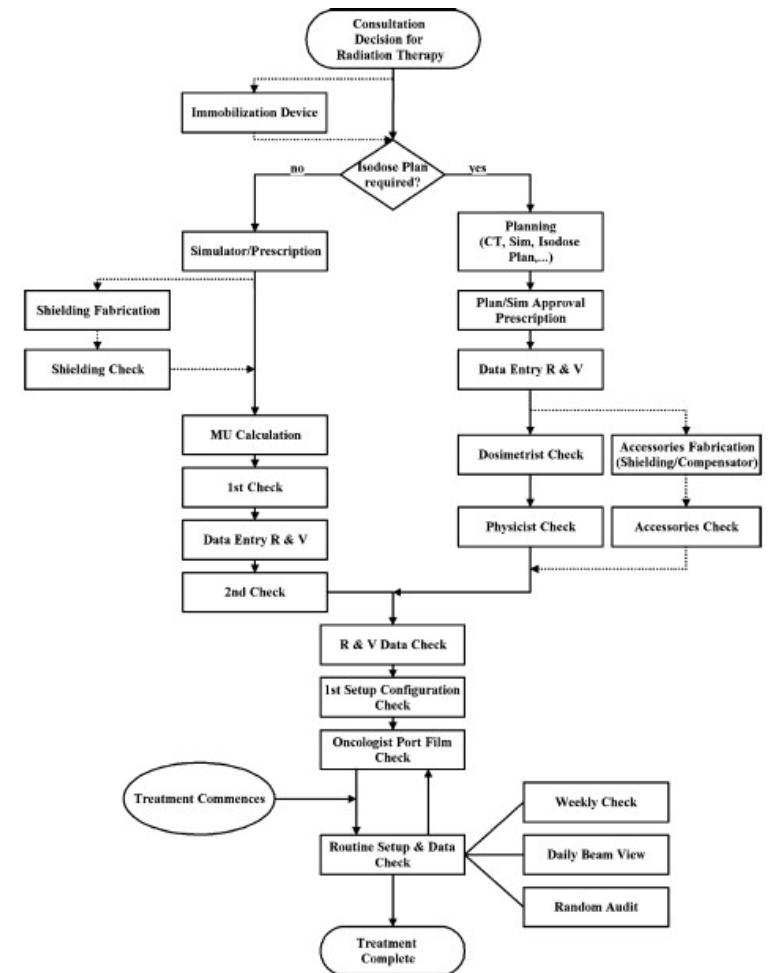
Quality assurance in radiotherapy: evaluation of errors
and incidents recorded over a 10 year period

Tai Keung Yeung*, Karen Bortolotto, Scott Cosby, Margaret Hoar, Ernst Lederer

**Verificação Independente do Cálculo de Dose
(RDC n20, 2006 ANVISA)**

**Controles de Qualidade Paciente-Específico - CQPE
(CNEN NN 6.10)**

Dosimetria *in vivo*



CQPE e Dosimetria *in vivo* com EPID

Clinical Investigation: Quality Assurance

Quality Control Quantification (QCQ): A Tool to Measure the Value of Quality Control Checks in Radiation Oncology

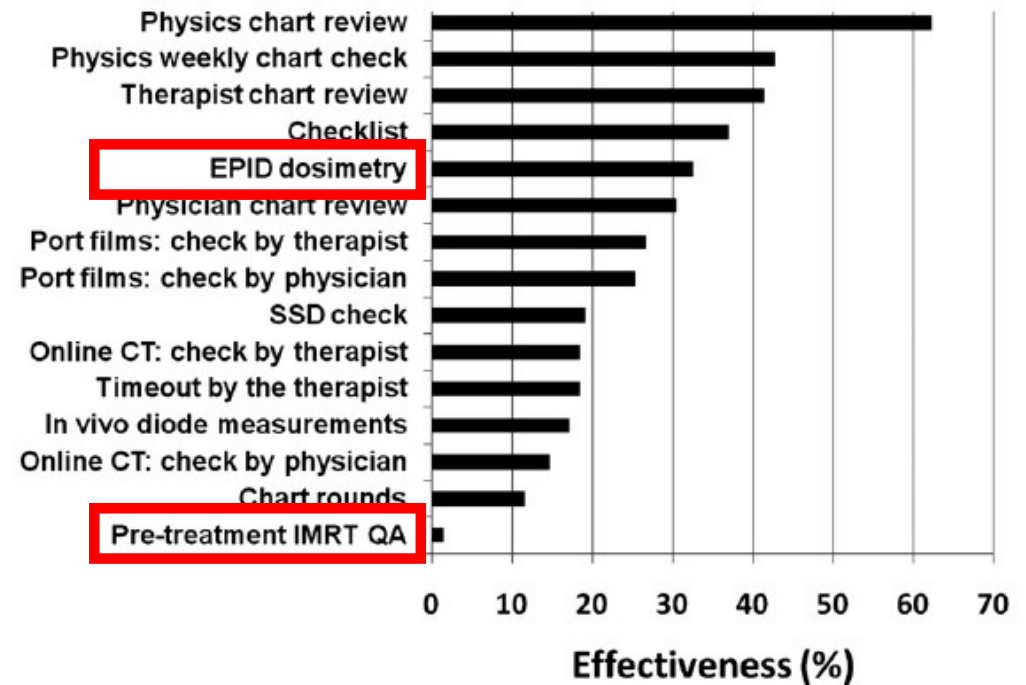
Eric C. Ford, PhD,* Stephanie Terezakis, MD,* Annette Souranis,*
Kendra Harris, MD,* Hiram Gay, MD,[†] and Sasa Mutic, PhD[†]

Olhar o EPID com novos olhos



Ei! Eu sou dosímetro!!

Equipamento para aquisição de imagens

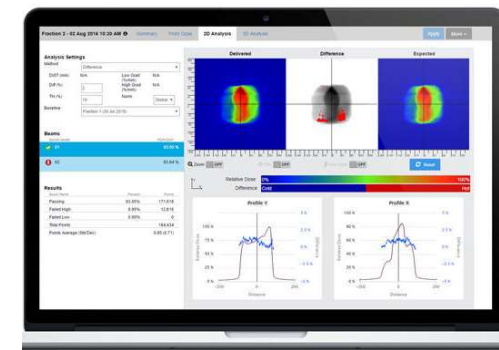


Dosimetria *in vivo* com EPID

Estratégias para determinação de dose com EPID (*in vivo*)

- **Dosimetria Absoluta por Trânsito (no plano do EPID)**
- **Back projection – eixo central (pontual no paciente)**
- **2D Back projection (plano do paciente)**
- **3D Back projection (cálculo volumétrico no paciente)**

PerFRACTION



Programa Garantia da Qualidade



O Programa de Garantia da Qualidade da Clínica VITTA possui como referência:



CONCEITOS

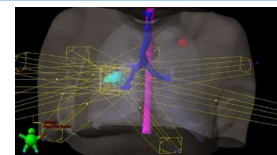
Menos utilização de (novos) hardwares
Mais uso de sistemas computacionais independentes
Foco nos pontos com evidência de serem mais críticos
Rotinas de CQ “automatizadas”

DoseCHECK

PerFRACTION

Home Q Search			
DoseCHECK™			
DATE	PATIENT	STATUS	ACTIONS
06 APR 2018	Patient396	✓	Approve
04 APR 2018	Patient732	✓	Approve
03 APR 2018	1	✗	Approve
02 APR 2018	%TG53 %DCOTTrueBeam	✗	Approve
02 APR 2018	1	✓	Approve
Load next 10 results...			
Fraction 0			
DATE	PATIENT	STATUS	ACTIONS
05 APR 2018	Patient595	✗	Approve
29 MAR 2018	PERFRACTION ZZZSNC	✗	Approve
22 MAR 2018	Patient728	✓	Approve
19 MAR 2018	Patient115	○	
16 MAR 2018	Patient401	?	
Load next 10 results...			
Fraction n			
DATE	PATIENT	STATUS	ACTIONS
27 MAR 2018	Patient594	✓	
22 MAR 2018	Patient594	✓	Approve
19 MAR 2018	Patient869	✗	Approve
28 FEB 2018	Patient869	✗	Approve
31 JAN 2018	Patient976	○	
Load next 1 results...			

Rotina Automatizada



CT
RT Plan
RT Dose
RT Struc
(CBCT)



EPID
Log files
(CBCT)



SunCHECK™

Métricas de avaliação baseadas em DVH

Clinical Goal Template ☐ Pass/Fail

Select a Template

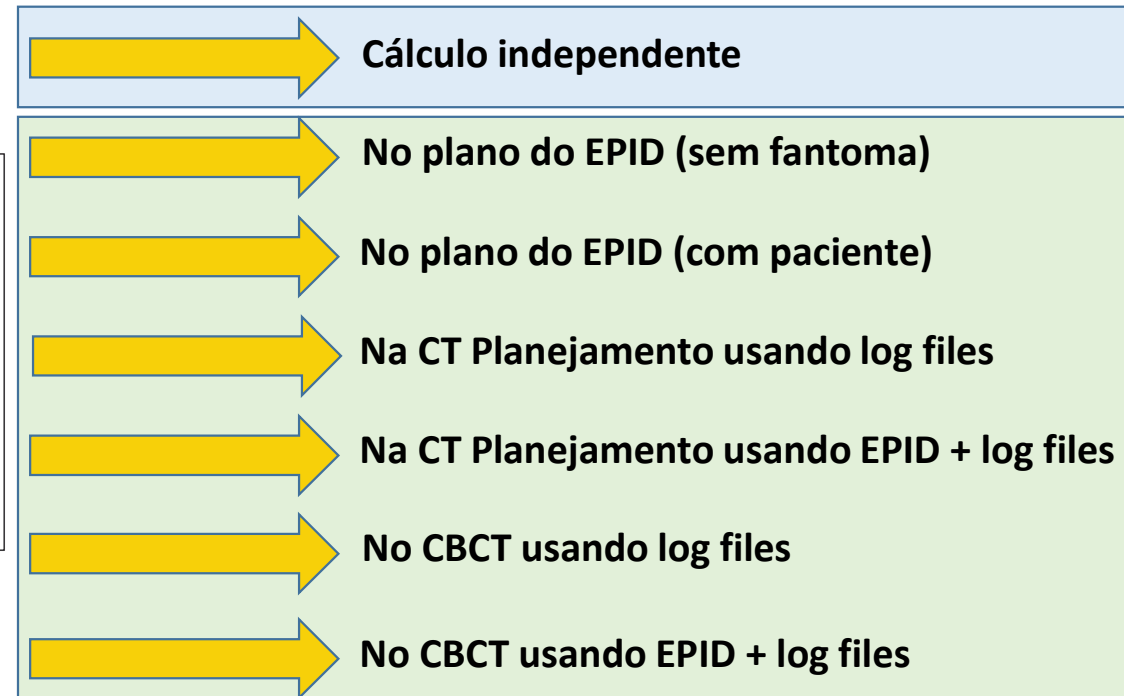
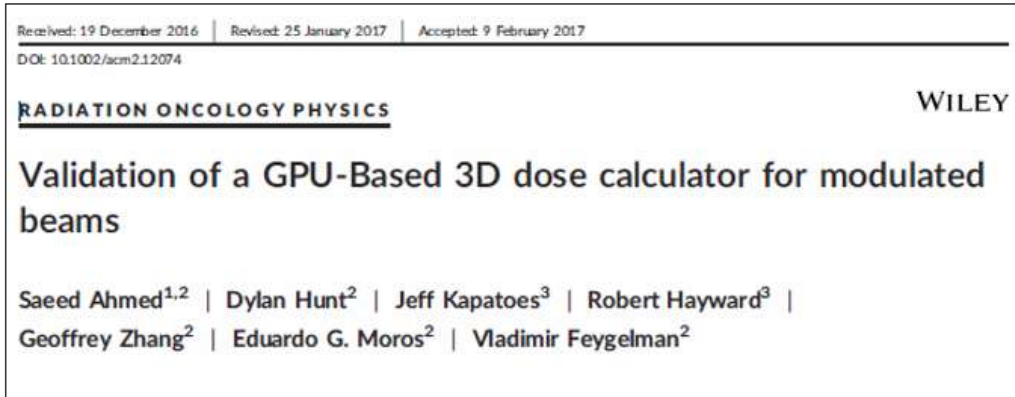
Select a Template

Quantec Conventional RT Constraints
Emami TD 5-5
Emami TD 50-5
Bone Metastases | RTOG 0631 (16Gy)
Brain | RTOG 0539 Group II Meningioma 54 Gy
Brain | RTOG 0539 Group III Meningioma
Brain | RTOG 0825 Glioblastoma
Breast | RTOG 0413 PBI LEFT 38.5 Gy
Breast | RTOG 0413 PBI RIGHT 38.5 Gy
Breast | RTOG 1005 Arm 1 54.7 Gy LEFT Hypofractionated
Breast | RTOG 1005 Arm 1 54.7 Gy RIGHT Hypofractionated
Breast | RTOG 1005 Arm 1 56.7 Gy LEFT Hypofractionated
Breast | RTOG 1005 Arm 1 56.7 Gy RIGHT Hypofractionated
Breast | RTOG 1005 Arm 1 62 Gy LEFT Standard
Breast | RTOG 1005 Arm 1 62 Gy RIGHT Standard
Breast | RTOG 1005 Arm 1 64 Gy LEFT Standard
Breast | RTOG 1005 Arm 1 64 Gy RIGHT Standard
Breast | RTOG 1005 Arm 2 48 Gy LEFT Hypofractionated
Breast | RTOG 1005 Arm 2 48 Gy RIGHT Hypofractionated

Algoritmo Cálculo de Dose

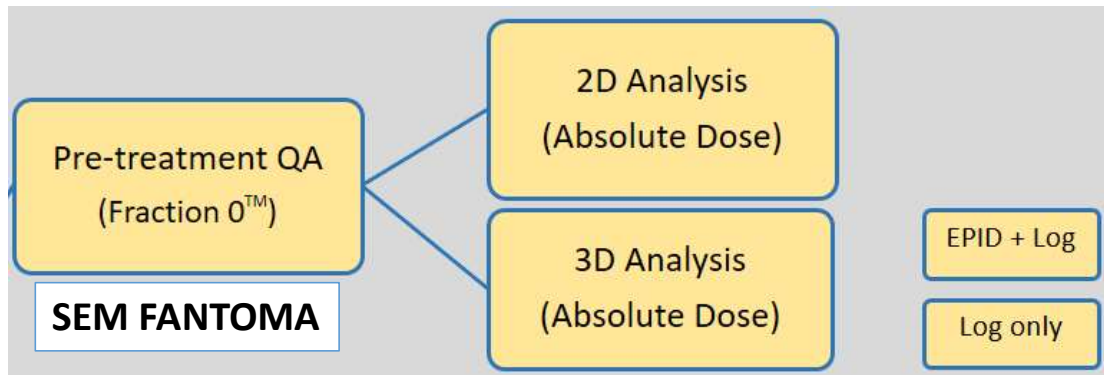
SNC Dose Calculator (SDC)

Collapsed Cone Superposition/Algoritmo de convolução



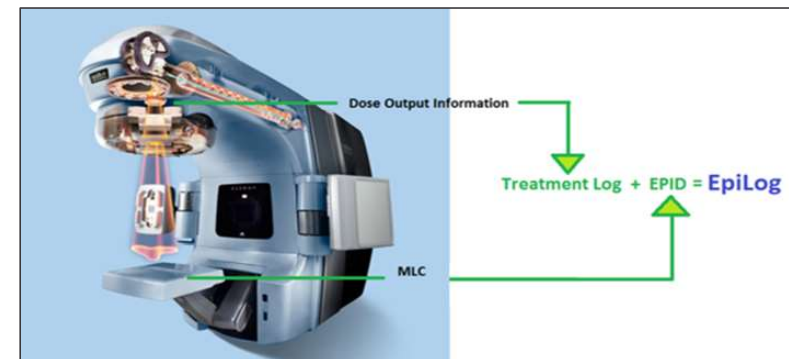
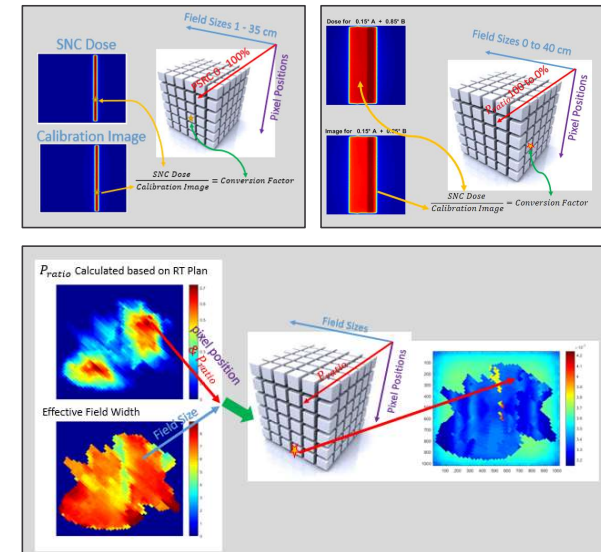
CQ Pré-Tratamento - PerFRACTION

Dose no plano do EPID (modo integrado)



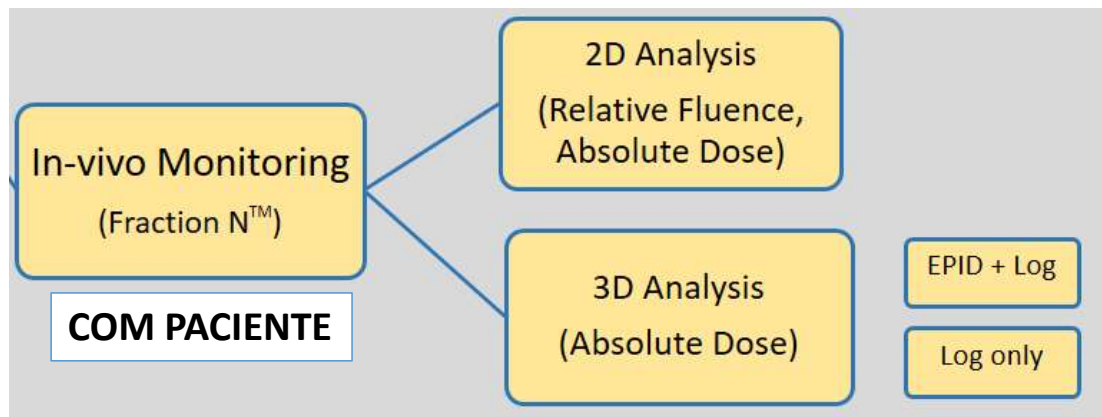
Dose na CT Planejamento (modo cine)

Neste caso usa o EPID para identificar a **posição** das lâminas durante o feixe ligado



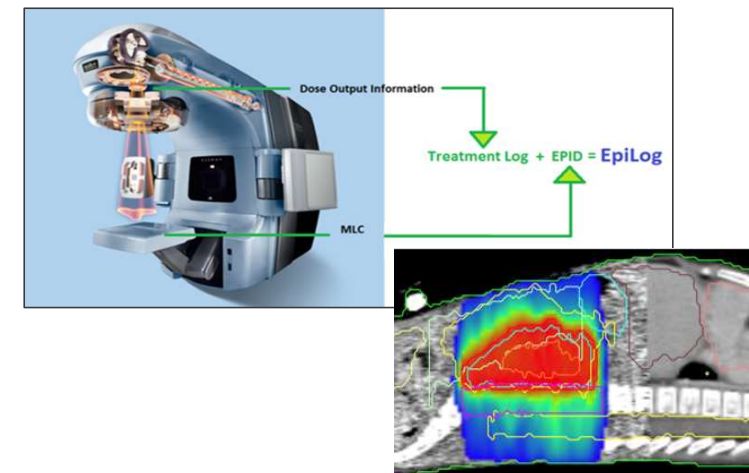
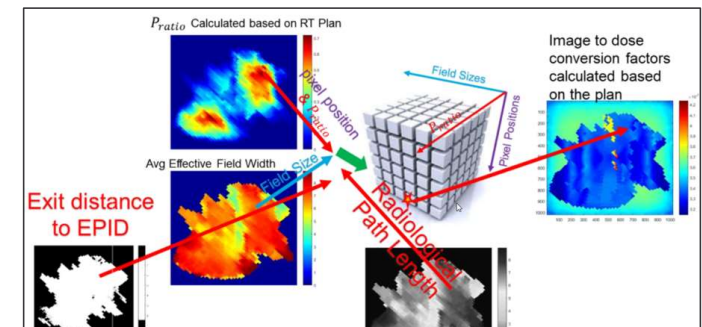
Dosimetria *In Vivo* - PerFRACTION

Dose no plano do EPID (modo integrado)



Dose na CT Plan ou CBCT (modo cine)

Neste caso usa o EPID para identificar a **posição** das lâminas durante o feixe ligado



Avaliar por meio de testes *End-to-end*:

- O software DoseCHECK

Cálculo Independente

- O software PerFRACTION

CQPE (Pré-tratamento)

Dosimetria “*in vivo*”



“*In phantom*”

Avaliar a sensibilidade do sistema quanto a:

- Variação *Output* da máquina
- Variação DAP do objeto simulador

Metodologia

TESTES *End-to-End*

TrueBeam, v2.7

Energias 6 e 10 MV

Eclipse 15.6, Acuros

Planos do tipo VMAT

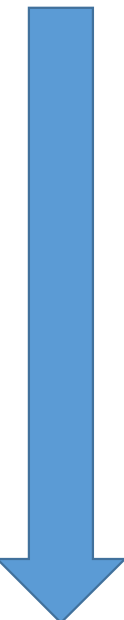
Objeto simulador heterogêneo *home made*
(água sólida, cortiça, parafina e PVC)

4 posições com Câmaras de Ionização
(2x 0,6 cc + 2x 0,125 cc)

Aprox. 4 Gy no Isocentro / 2 Gy na região
“coluna”



TESTES *End-to-End*



Cálculo independente

CQPE (Pré – tratamento)

Dosimetria *In vivo*

Comparar:
DoseCHECK x Eclipse x Medições C.I.

Comparar:
PerFRACTION x Portal Dosimetry x Medições C.I.

Sem Objeto Simulador.

Comparar:
Fração N x Medições C.I.

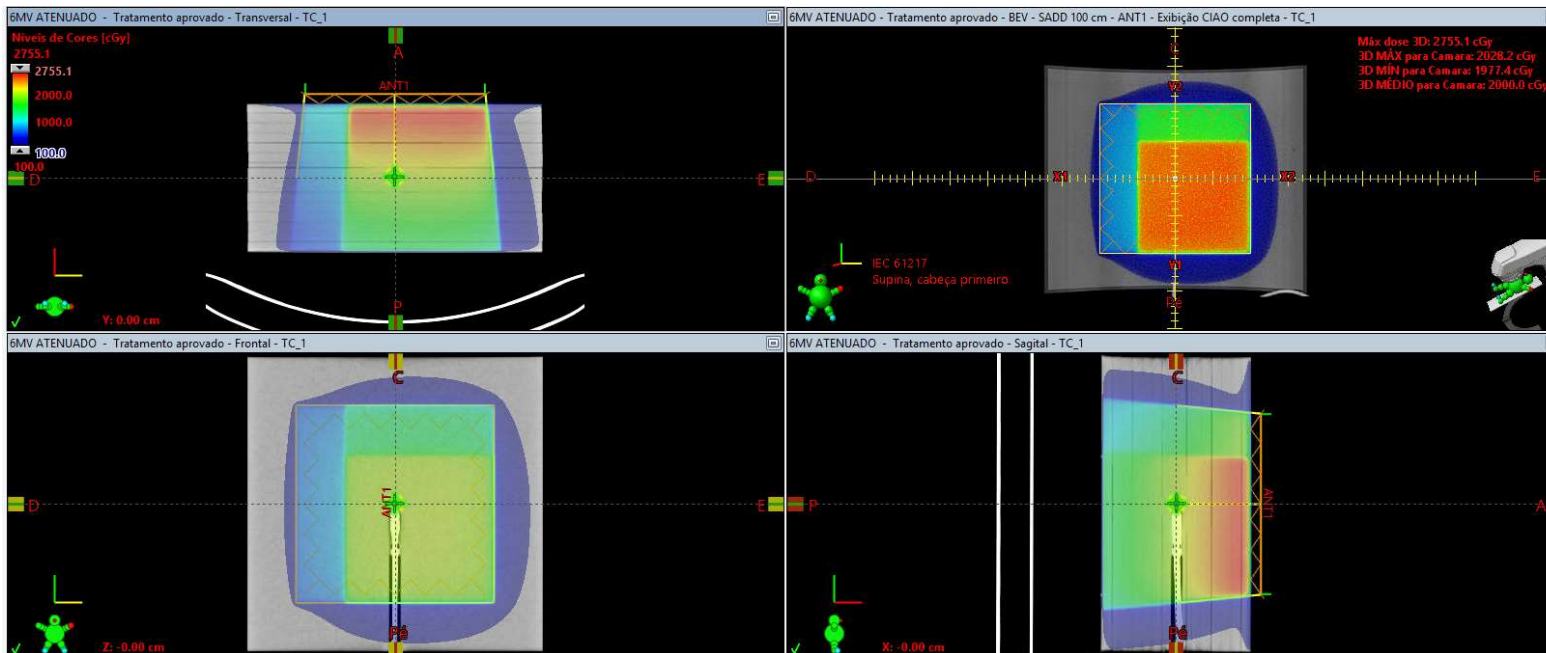
Com Objeto Simulador.

Uso da dose média calculada dentro do volume sensível dos detectores.

Uso no modo Análise 2D (EPID modo integrado).
Comparação usou os valores previstos pelo Log durante irradiação.

Uso no modo Análise 2D (EPID modo integrado).
Comparação usou os valores previstos pelo Log.

TESTES SENSIBILIDADE



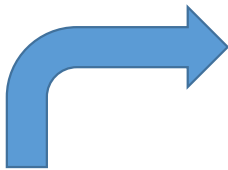
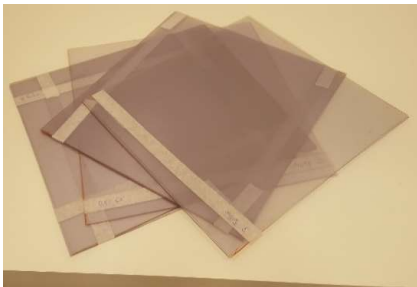
Objeto simulador
homogêneo.

Plano pouco
modulado.

Câmara 0,125 cc

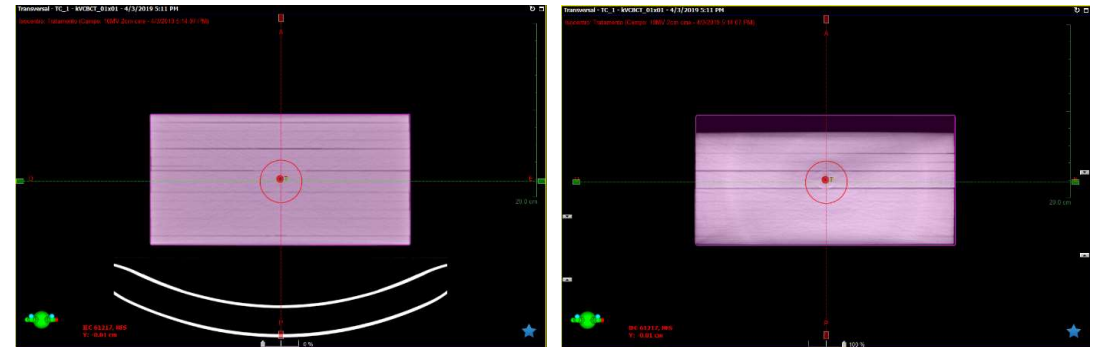
TESTES SENSIBILIDADE

Variação intencional no *output* do Linac



Módulo CQPE (PerFRACTION Fração 0) - sem fantoma

Redução intencional no objeto simulador



Redução 2 cm espessura

Módulo tratamento (PerFRACTION Fração N) - com fantoma

Resultados e Discussão

Verificação Independente do Cálculo de Dose

TESTES *End-to-End*

6 MV	PTV		COLUNA		PULMAO		ANT	
	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)
Medido	400,3		208,0		180,6		215,3	
Eclipse	403,5	0,8	211,4	1,6	178,5	-1,2	210,9	-2,0
DoseCHECK	398,9	-0,4	205,7	-1,1	182,6	1,1	210,3	-2,3
Desvios para eclipse		1,2%		2,7%		2,2%		0,3%

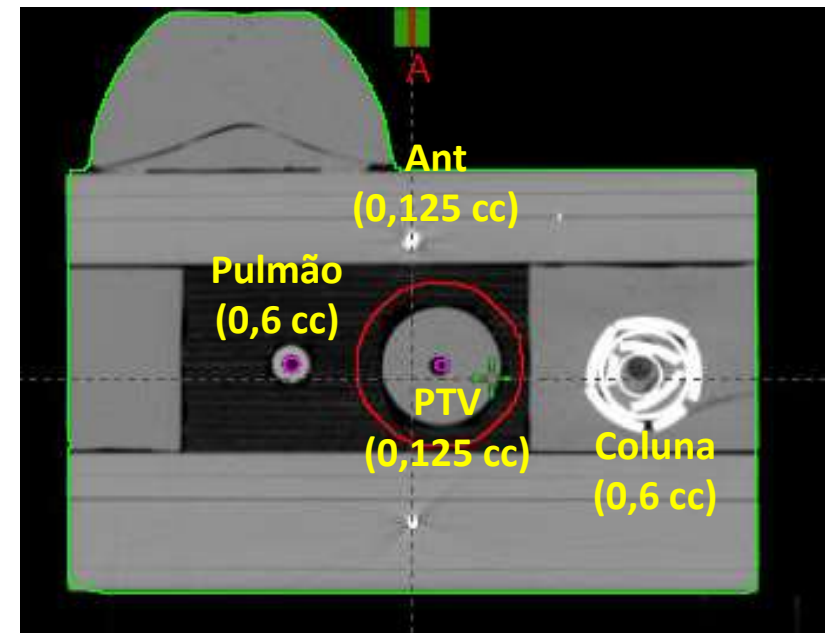
10 MV	PTV		COLUNA		PULMAO		ANT	
	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)
Medido	399,3		197,4		166,9		203,9	
Eclipse	401,6	0,6	200,5	1,6	166,3	-0,4	198,8	-2,5
DoseCHECK	403,1	0,9	192,9	-2,3	169,7	1,7	198,2	-2,8
Desvios para eclipse		0,3%		3,9%		2,1%		0,3%

Cálculo Independente com todos desvios **menores que 3% em relação ao medido** (equivalente ao Eclipse).

Maiores desvios DoseCHECK x Eclipse:

6 MV: 2,7% (Coluna)

10 MV: 3,9% (Coluna)



Resultados e Discussão

Controle de Qualidade Paciente Específico (sem fantoma)

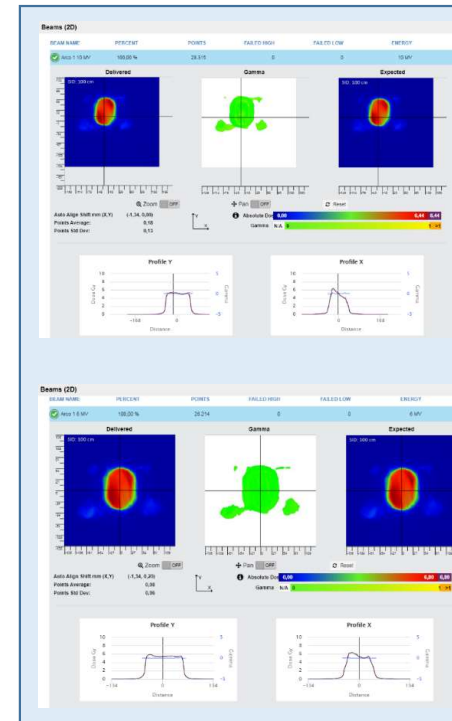
TESTES *End-to-End*

6 MV	PTV		COLUNA		PULMAO		ANT	
	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)
Medido	400,3		208,0		180,6		215,3	
CQPE	398	-0,6	205	-1,4	182	0,8	210	-2,5

Todos os desvios **menores que 3%** em relação ao medido.

10 MV	PTV		COLUNA		PULMAO		ANT	
	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)
Medido	399,3		197,4		166,9		203,9	
CQPE	403	0,9	193	-2,3	162	-2,9	198	-2,9

Os valores foram medidos durante a simulação do tratamento (*in vivo*) feito na sequência.
Os valores CQPE foram calculados a partir dos arquivos log coletados durante a irradiação.



A análise de dose medida no plano do EPID teve excelente concordância com o previsto no Eclipse e com o resultado do Portal Dosimetry (Varian).

PerFRACTION (6 / 10 MV)
3% / 3 mm = 100% / 100%
Gama médio = 0,08 / 0,18

Varian PD (6 / 10 MV)
3% / 3 mm = 99,8% / 99,8%
Gama médio = 0,11 / 0,13

Resultados e Discussão

Dosimetria *In Vivo*

TESTES *End-to-End*

6 MV	PTV		COLUNA		PULMAO		ANT	
	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)
Medido	400,3		208,0		180,6		215,3	
In Vivo	424	5,9	220	5,8	193	6,9	215	-0,1

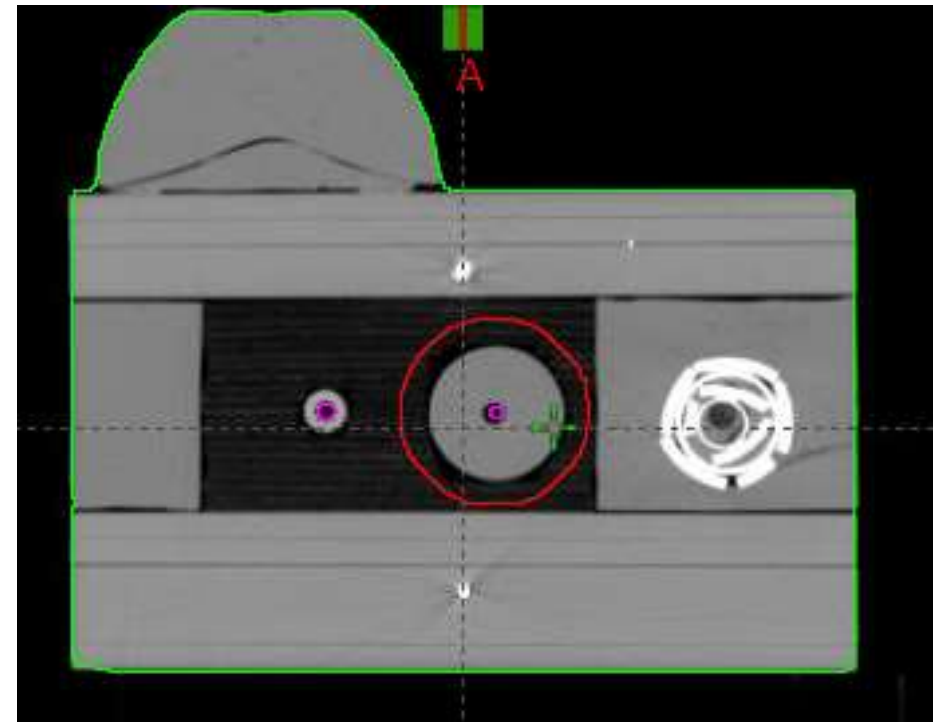
10 MV	PTV		COLUNA		PULMAO		ANT	
	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)
Medido	399,3		197,4		166,9		203,9	
In Vivo	418	4,7	204	3,3	179	7,3	202	-0,9

Maiores desvios para Eclipse:

6 MV: 6,9% (Pulmão)

10 MV: 7,3% (Pulmão)

Região com muita heterogeneidade e plano complexo.
Calculado no CBCT.



Resultados e Discussão

Dosimetria *In Vivo*

TESTES *End-to-End*

6 MV	PTV		COLUNA		PULMAO		ANT	
	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)
Medido	400,3		208,0		180,6		215,3	
In Vivo	424	5,9	220	5,8	193	6,9	215	-0,1

10 MV	PTV		COLUNA		PULMAO		ANT	
	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)	Dose (cGy)	Desvio (%)
Medido	399,3		197,4		166,9		203,9	
In Vivo	418	4,7	204	3,3	179	7,3	202	-0,9

Maiores desvios para Eclipse:

6 MV: 6,9% (Pulmão)

10 MV: 7,3% (Pulmão)

**Situações no pulmão,
incerteza em torno de 8%**

**Região com muita heterogeneidade plano complexo.
Calculado no CBCT.**



In vivo dosimetry in external beam radiotherapy

Ben Mijnheer^{a)}

Department of Radiation Oncology, The Netherlands Cancer Institute-Antoni van Leeuwenhoek Hospital, Amsterdam 1066 CX, The Netherlands

Sam Beddar

Department of Radiation Physics, The University of Texas MD Anderson Cancer Center, Houston, Texas 77030

Joanna Izewska

Division of Human Health, International Atomic Energy Agency, Vienna 1400, Austria

Chester Reft

Department of Radiation and Cellular Oncology, University of Chicago Medical Center, Chicago

on pass/fail criteria are available, for instance as discussed in the ESTRO, AAPM, and IAEA reports.^{12,13,16} Often an action level for simple treatments of 5% is recommended and a level of 7% for situations where measurement complications exist such as during breast treatments or in wedged beams. When

delivery. Considering the relatively large number of centers that cannot fulfill the clinically acceptable criteria (dose difference of $\pm 7\%$ or distance-to-agreement of 4 mm) during an external audit using an anthropomorphic head-and-neck phantom,¹⁰¹ 2D and 3D *in vivo* dose verification of IMRT

Resultados e Discussão

TESTES SENSIBILIDADE

Variação Output da máquina

6 MV	VARIAÇÃO OUTPUT		10 MV	VARIAÇÃO OUTPUT	
	Atenuação (%)	Diferença (%)		Atenuação (%)	Diferença (%)
Induzida	1,6		Induzida	3,0	
Medida EPID	2,0	0,4	Medida EPID	1,8	1,2

Variação 2 cm espessura do objeto simulador

6 MV	EPID - 2D (Modo Integrado)		10 MV	EPID - 2D (Modo Integrado)	
	Atenuação (%)	Diferença (%)		Atenuação (%)	Diferença (%)
Induzida	5,5		Induzida	4,3	
Medida EPID	5,8	0,3	Medida EPID	3,5	0,8

6 MV	CBCT - 3D (Modo Cine)		10 MV	CBCT - 3D (Modo Cine)	
	Atenuação (%)	Diferença (%)		Atenuação (%)	Diferença (%)
Induzida	5,5		Induzida	4,3	
Calc. EPILOG	4,9	0,6	Calc. EPILOG	4,8	0,5

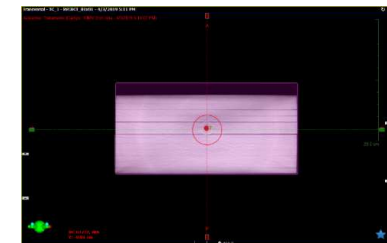
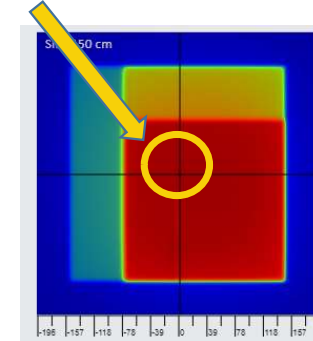
Maior diferença encontrada foi de 1,2%

Valor coletado
no pixel central

Medido no plano do EPID

Medido no plano do EPID

Calculado no CBCT usando
informações do EPID + log
files (EPILOG)



Os Softwares avaliados são bastante adequados para uso clínico em todas as situações testadas.

Permitem rotinas automatizadas.

Novos conjuntos de testes estão sendo feitos para avaliar outras situações, sobretudo no modo dosimetria *in vivo* (Fração N).

Definir níveis de ação para cada sítio e técnica de tratamento.

Avaliar alvos móveis.

AGRADECIMENTOS

Juliana Dias – Física Médica VITTA

Luis Felipe Silva – Físico Médico HUB/UnB

Thiago Schimitberger – Sun Nuclear



Obrigado!

samuel.avelino@vittaradioterapia.com.br