

Real Hospital Português de Beneficência em Pernambuco



Definições técnicas para Replanejar Pacientes de Pelve



XXIV Congresso da
Sociedade Brasileira de
RADIOTERAPIA

17 A 20 DE AGOSTO | 2022 | FLORIANÓPOLIS/SC



Lucas Delbem Albino

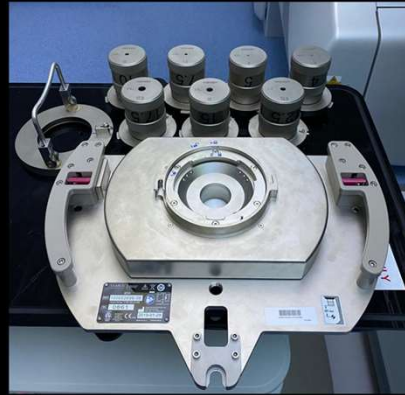
Físico Médico do Real Hospital Português de Beneficência em Pernambuco Recife/PE

Mestre em Tecnologias Energéticas Nucleares PROTEN/UFPE

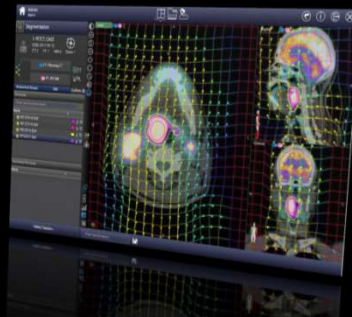
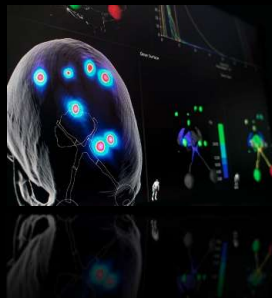
Especialista em Física da Radioterapia FMUSP-SP

ABFM RT-/CNEN FT-0448

Nossa estrutura



- 2 TrueBeam® STX com “beam matching” HDMLC, 6X, 10X, 15X, 6FFF e 10FFF;
- **Mesa Robótica, CBCT;**
- Integrated Conical Collimator Verification & Interlock (ICVI)
- OSMS (SGRT)
- **Eclipse 16.0** (GPU, Rapidplan, MCO, HyperArc)
- **Velocity**
- Elements (Brainlab)



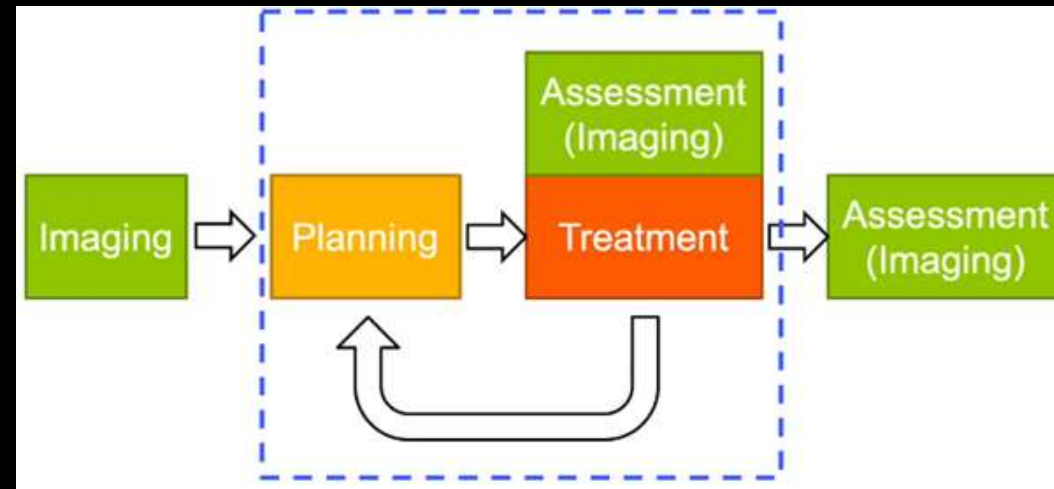
Definição de Radioterapia Adaptativa

Definição original de D. Yan et Al. (1997)

Radioterapia Adaptativa:

- ✓ é um **processo cíclico** de onde o plano de tratamento pode ser **modificado** utilizando um **feedback sistemático de medições**
- ✓ pretende melhorar o tratamento **monitorando sistematicamente** as **variações** do tratamento e **incorporando-as** para **reotimizar** o plano de tratamento
- ✓ a **margem** e a **dose de tratamento** podem ser rotineiramente **personalizadas** para cada paciente para alcançar um nível de dose **seguro**

IGRT



HHS Public Access

Author manuscript

Int J Radiat Oncol Biol Phys. Author manuscript; available in PMC 2022 March 15.

Published in final edited form as:

Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2021 March 15; 109(4): 1054–1075. doi:10.1016/j.ijrobp.2020.10.021.

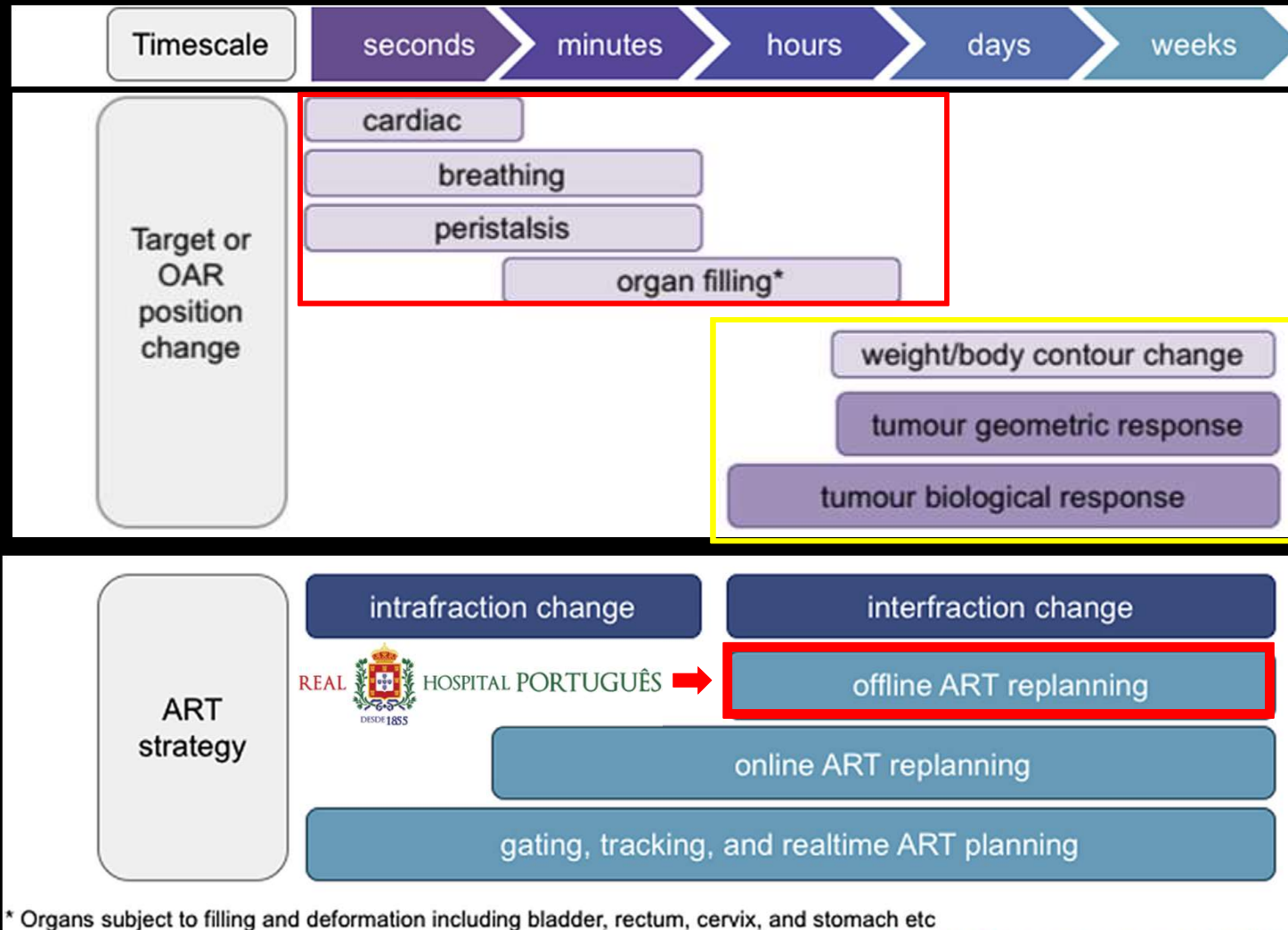
Adaptive radiation therapy (ART) strategies and technical considerations: A state of the ART review from NRG Oncology

Carri K Glide-Hurst, PhD¹, Percy Lee, MD², Adam D Yock, PhD³, Jeffrey R Olsen, MD⁴, Minsong Cao, PhD⁵, Farzan Siddiqui, MD, PhD¹, William Parker, MS⁶, Anthony Doemer, MS¹, Yi Rong, PhD⁷, Amar U Kishan, MD⁵, Stanley H Benedict, PhD⁷, X Allen Li, PhD⁸, Beth A Erickson, MD⁸, Jason W Sohn, PhD⁹, Ying Xiao, PhD¹⁰, Evan Wuthrick, MD¹¹

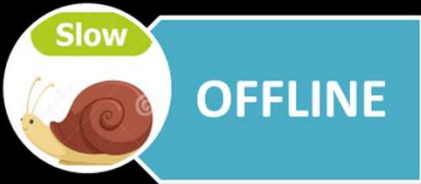
Yan, D., Vicini, F., Wong, J., & Martinez, A. (1997). Adaptive radiation therapy. *Physics in medicine and biology*, 42(1), 123.

Estratégias da Radioterapia Adaptativa

- Relação das **variações OARs** ou **alvos** com o **TEMPO**
 - **Estocásticas**
 - **Sistemáticas**
- TEMPO** (taxa de Mudanças)



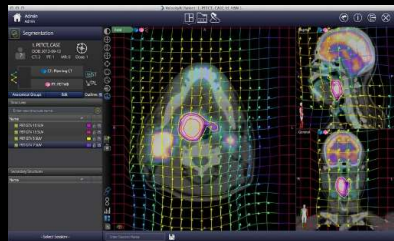
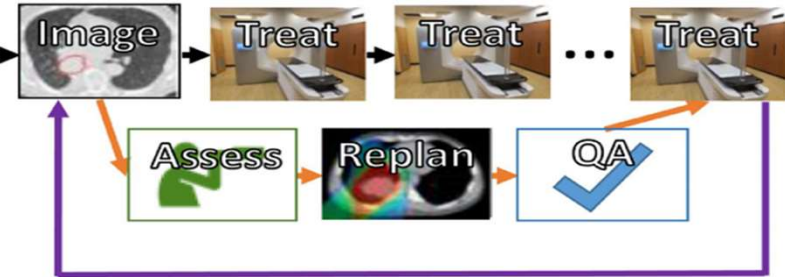
Radioterapia Adaptativa OFFLINE



Conventional Planning



Offline ART



Vendor	DIR Algorithm	Unimodal Registration (CT, CBCT)	Multimodal Registration (CT, PET, MR)	Contour Propagation	Dose Warping and Summation	Offline ART	Online ART
Stand-alone deformable image registration products							
MIM (v6.8)	Free-form, Demons optical flow ^{27, 28}	YES	YES	YES	YES	NO	NO
Velocity (v3.2)	Multipass B-spline ²⁹	YES	YES	YES	YES	YES *	NO
Mirada (vRTX1.8)	Unimodal: free-form Multimodal: Radial basis function ³⁰	YES	YES	YES	YES	YES *	NO
Treatment planning systems with deformable image registration modules							
Raystation (v9A)	ANACONDA ³¹ , MORFEUS ³²	YES	YES	YES	YES	YES	NO
Eclipse (v15.6)	Unimodal: Accelerated Demons ³³ Multimodal: Adaptive gridbased Radial basis function	YES	YES	YES	YES	YES	NO
Pinnacle (v9.10)	Fast symmetric Demons, Salient-Feature-Based Registration (SFBR) ^{34, 35}	YES	YES	YES	YES	NO	NO
Monaco (v5.51)	Gradient-free Dense Hybrid MI Deformation ^{36, 37}	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Precision (v2.1)	Multi-organ B-Spline ³⁸	YES	YES	YES	YES	YES	YES
ViewRay (v5.2.5)	Free-form Unimodal: Correlation coefficient Multimodal: Mutual Information	YES	YES	YES	NO	YES	YES

Glide-Hurst CK et al. Adaptive Radiation Therapy (ART) Strategies and Technical Considerations: A State of the ART Review From NRG Oncology. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2021 Mar 15;109(4):1054-1075.

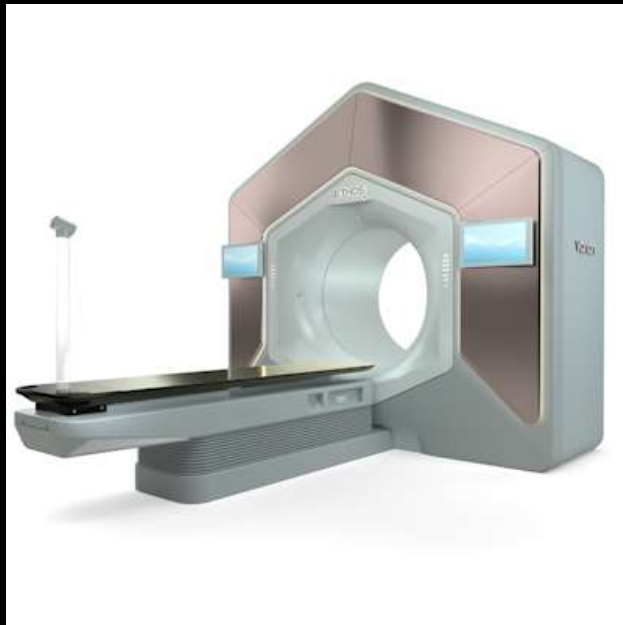
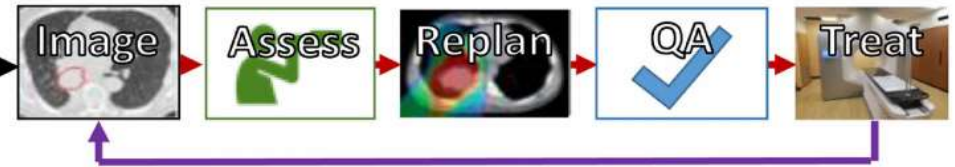
Radioterapia Adaptativa ONLINE



Conventional Planning



Online ART

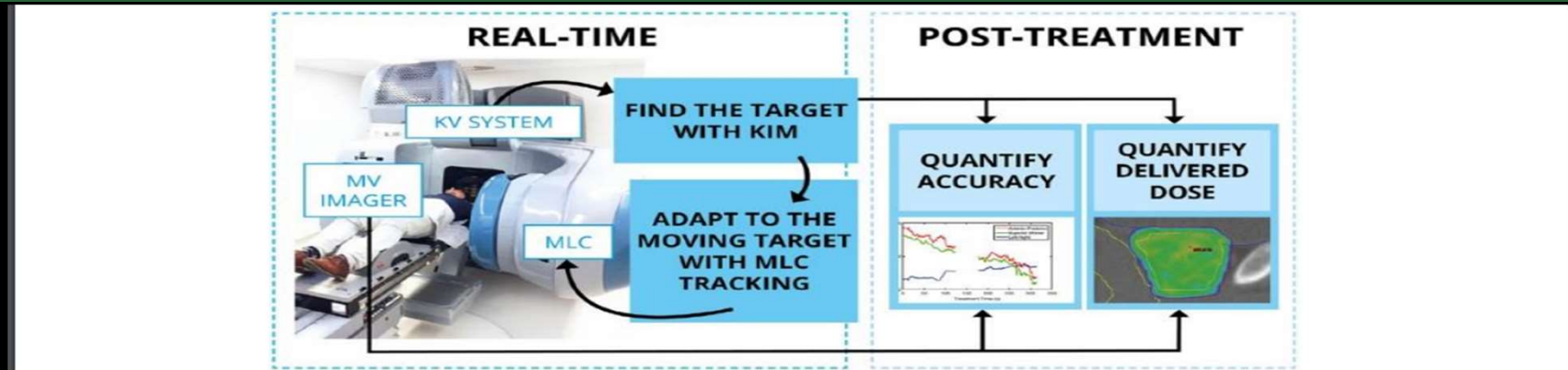


Varian's Ethos



Elekta Unity

Radioterapia Adaptativa DINÂMICA



Real Time: Gating, Dynamic tracking

Synchrony® to predict motion



Accuray CyberKnife®

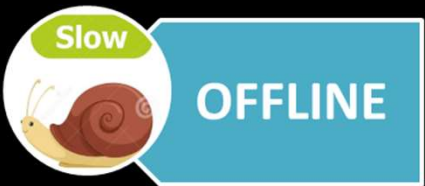
Brainlab Vero®

Radixact®

Synchrony® Respiratory Tracking System

Glide-Hurst CK et al. Adaptive Radiation Therapy (ART) Strategies and Technical Considerations: A State of the ART Review From NRG Oncology. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2021 Mar 15;109(4):1054-1075.

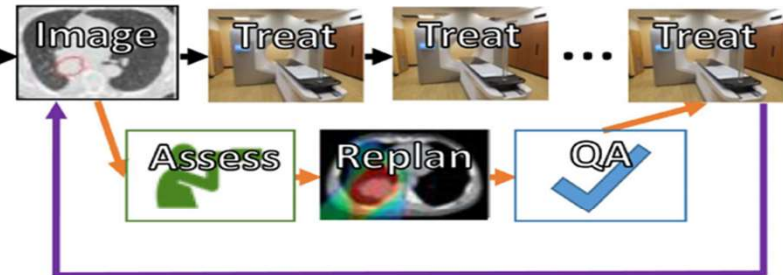
Estratégias de Radioterapia Adaptativa



Conventional Planning



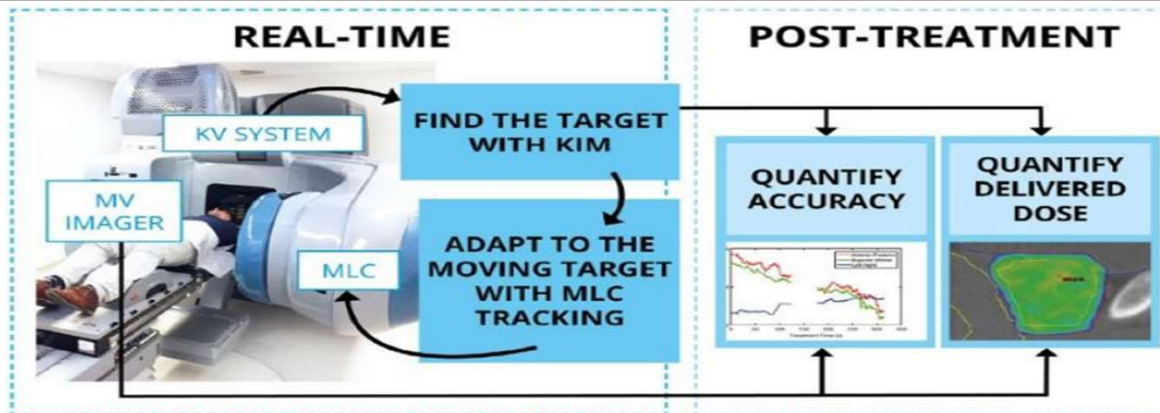
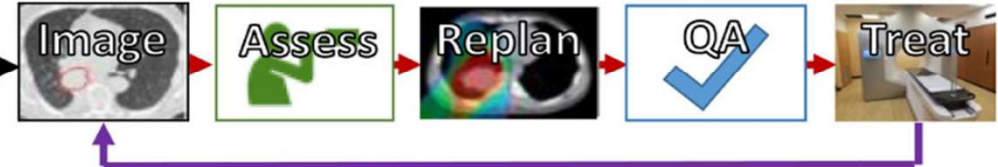
Offline ART



Conventional Planning



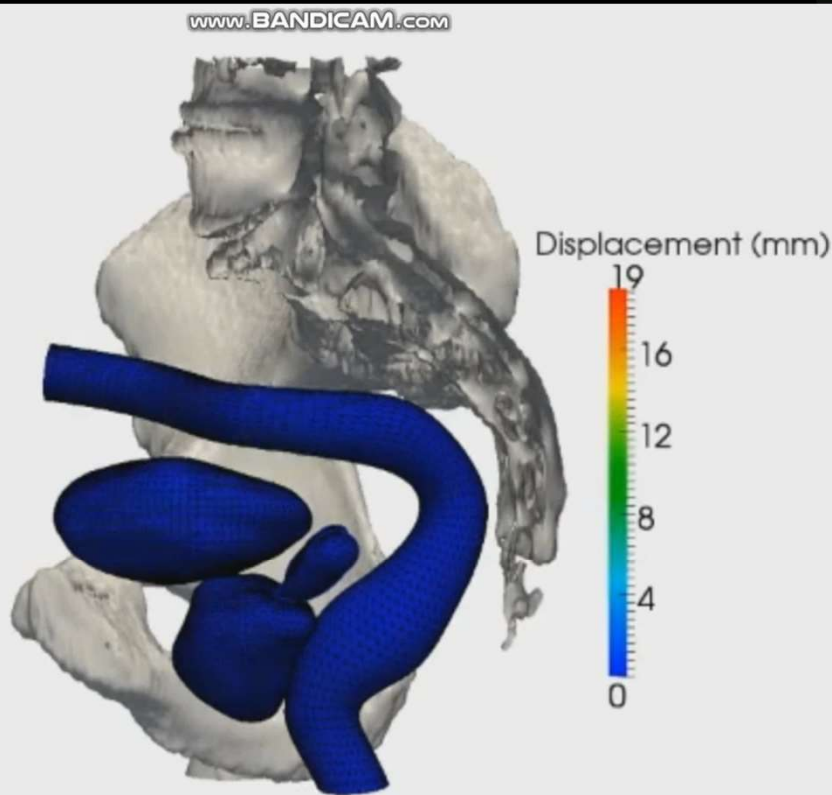
Online ART



Como realizamos a para radioterapia Adaptativa Pelve no RHP?

Próstata
+/- Linfonodo

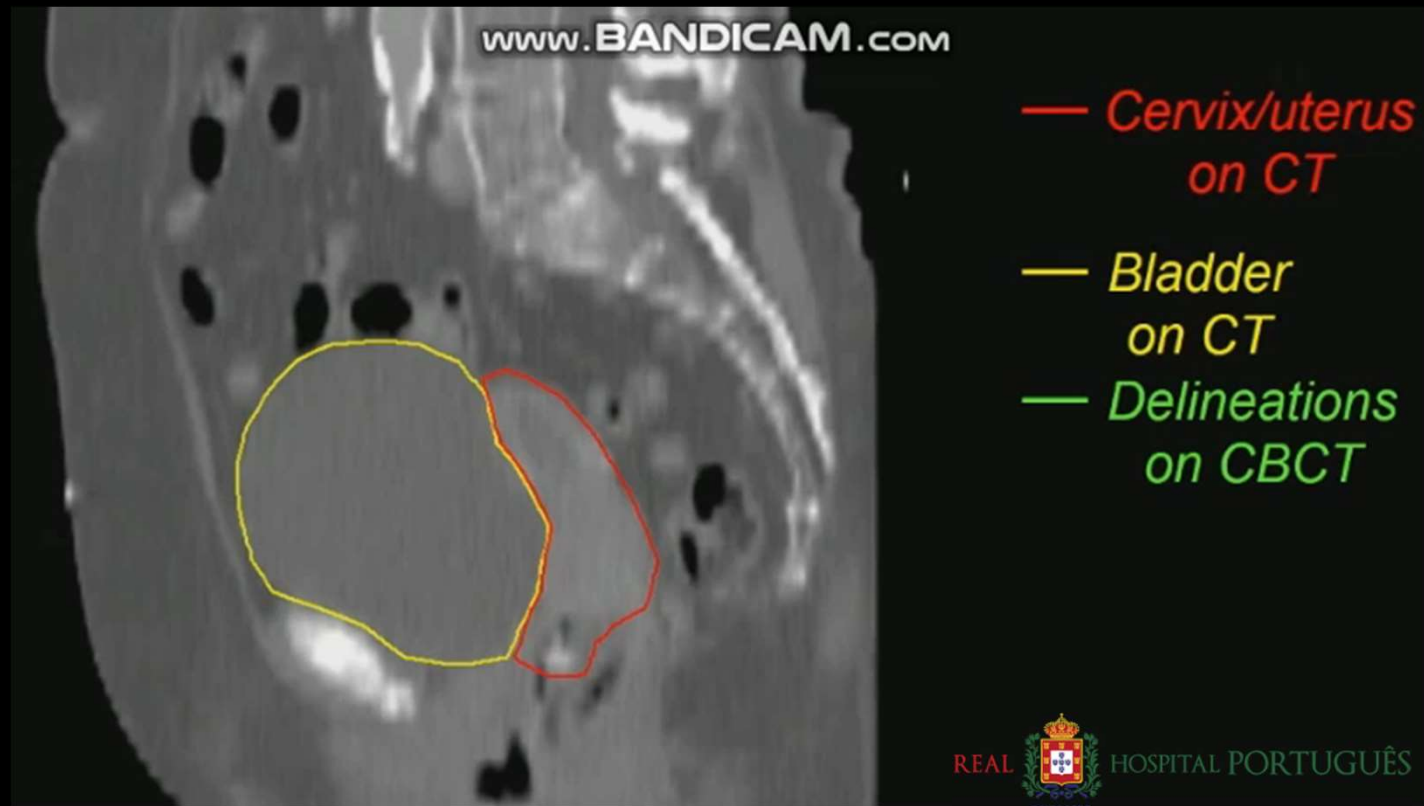
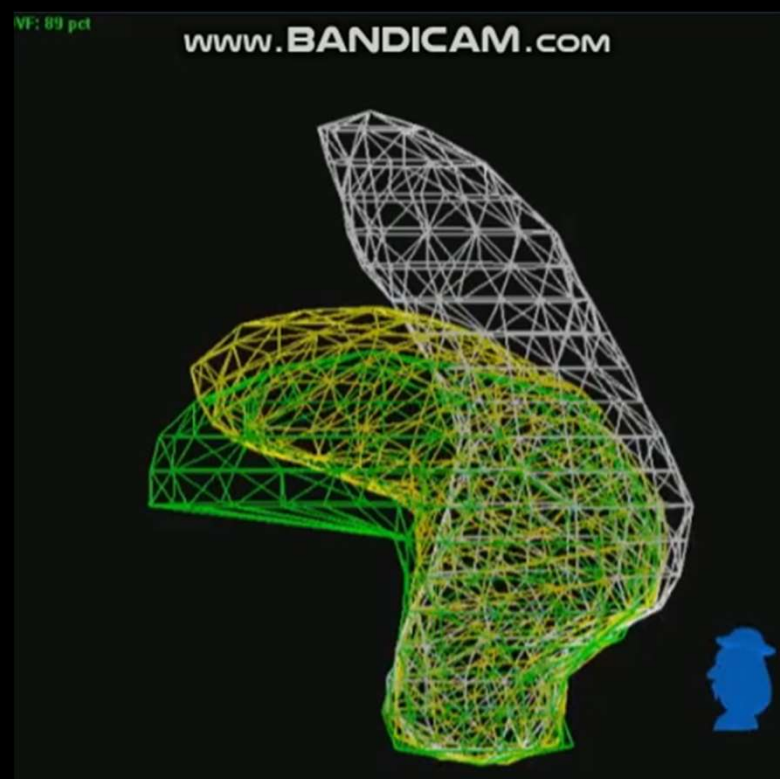
- Influência dos OARs - **BEXIGA**
- **RETO**
- **INTESTINO**



Como realizamos a para radioterapia Adaptativa Pelve no RHP?

Colo de Útero /
Endométrio

- Influência dos OARs - **BEXIGA**
 - **RETO**
 - **INTESTINO**



Estratégias Pré radioterapia Adaptativa de Pelve no RHP

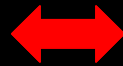
- **Preparo** adequado na **simulação** e no **tratamento**
- **BEXIGA CHEIA** e Reto vazio tanto para **Próstata** e **Colo de útero** (aprox. **500ml** de água) tempo de espera de 30 a 40 minutos
- **Bexiga Cheia** ajuda tanto para passar nas **restrições de dose** e afastar as **alças intestinais**
- **Técnicas de planeamento**, visando **poupar o máximo os OARs**, de maneira que mesmo que não esteja nas condições ideais de simulação, os OARs **continuem respeitando** as **restrições de dose**.



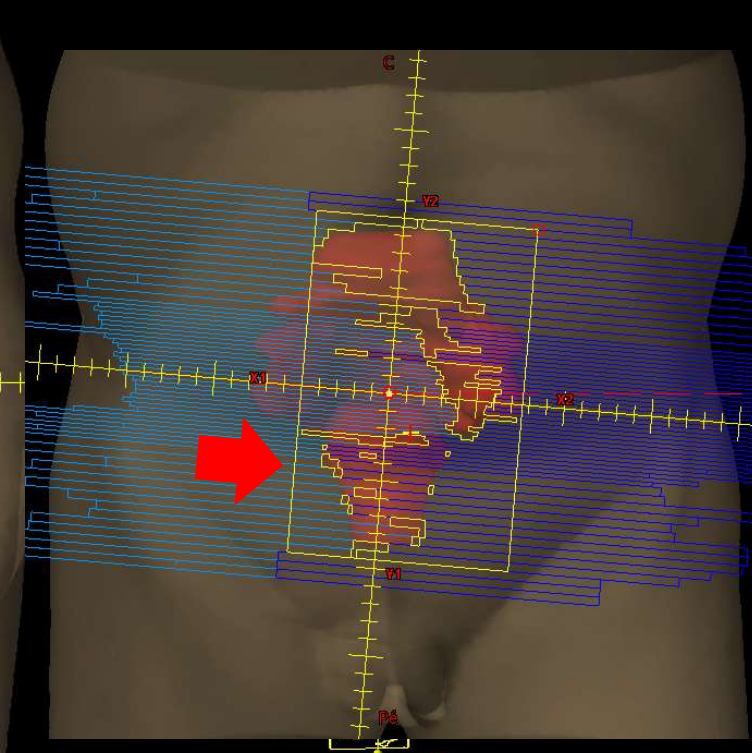
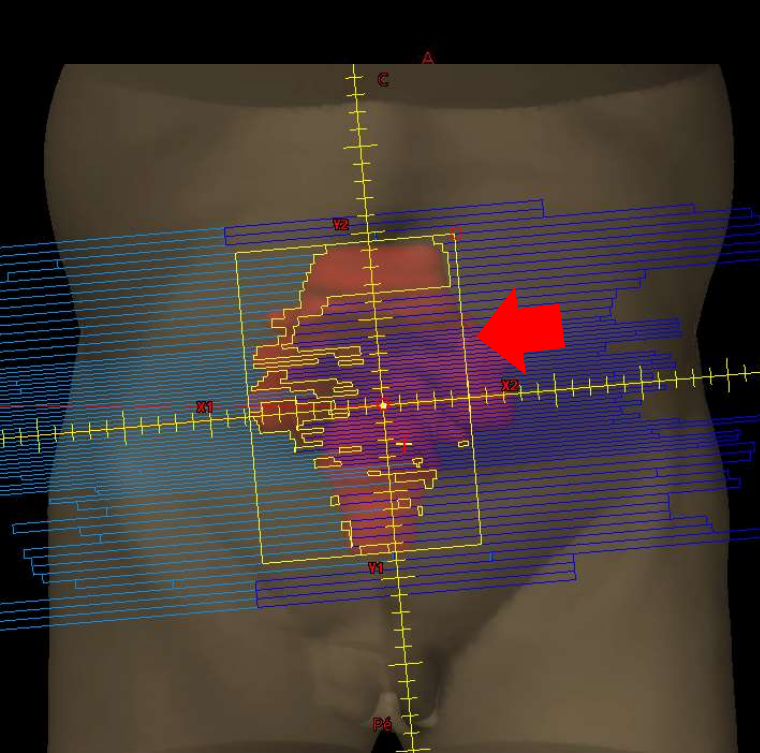
Estratégias Pré Radioterapia Adaptativa de Pelve no RHP

Setup

Próstata + Linfonodo



Colo de Útero / Endométrio



Gantry: 0 – 181 Anti-horário
Colimador: 5°
Jaw Fixo: X2 (soma < 15cm)

Gantry: 181 – 0 Horário
Colimador: 90°
Jaw Fixo: X1 (soma < 15cm)

Gantry: 0 – 179 Horário
Colimador: 90°
Jaw Fixo: X2 (soma < 15cm)

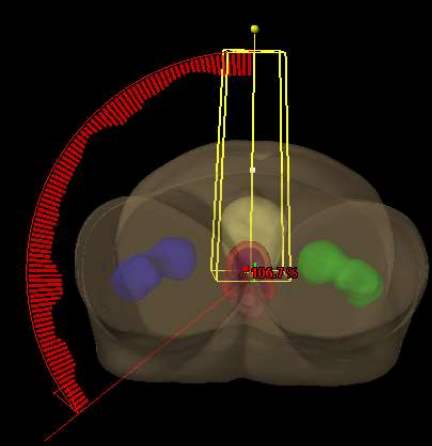
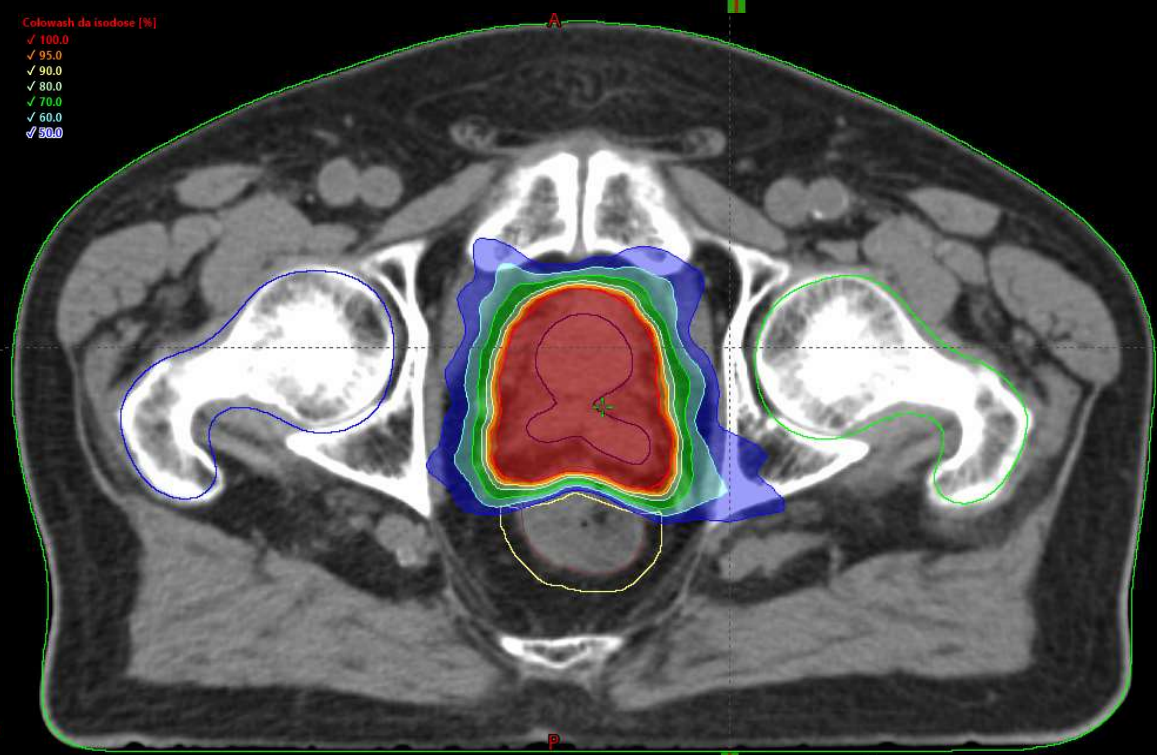
Gantry: 179 – 0 Anti-horário
Colimador: 355°
Jaw Fixo: X1 (soma < 15cm)

Estratégias Pré Radioterapia Adaptativa de Pelve no RHP

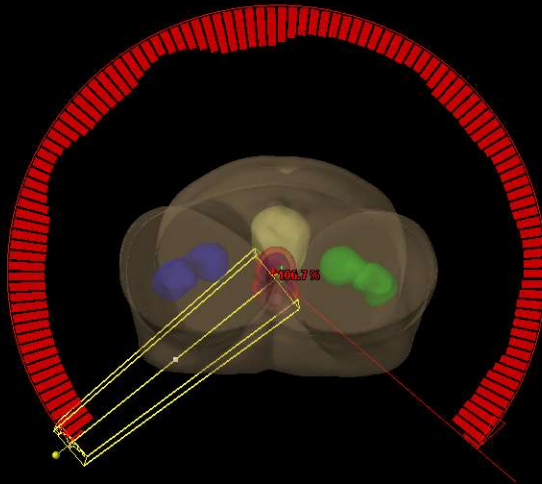
Setup

Próstata

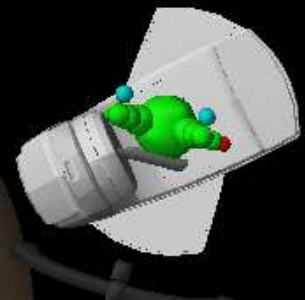
Colowash da isodose [%]
✓ 100.0
✓ 95.0
✓ 90.0
✓ 80.0
✓ 70.0
✓ 60.0
✓ 50.0



Gantry: 0 – 230 Anti-horário
Colimador: 5°



Gantry: 230 – 130 Horário
Colimador: 90°



- **Bexiga muito cheia**, pacientes podem **urinar na mesa**
- Começar e terminar a 0° **evitando** posições de **gantry 180°**



- **Parede Posterior do Reto**
 $= (\text{Reto} + 0,5\text{cm}) - (\text{PTV} + 0,5\text{cm})$
- **Falloff** de aproximado **10%/mm**

Estratégias Pré Radioterapia Adaptativa de Pelve no RHP

Otimização

Ordem de classificação ID ☐ Mostrar modelos não publicados

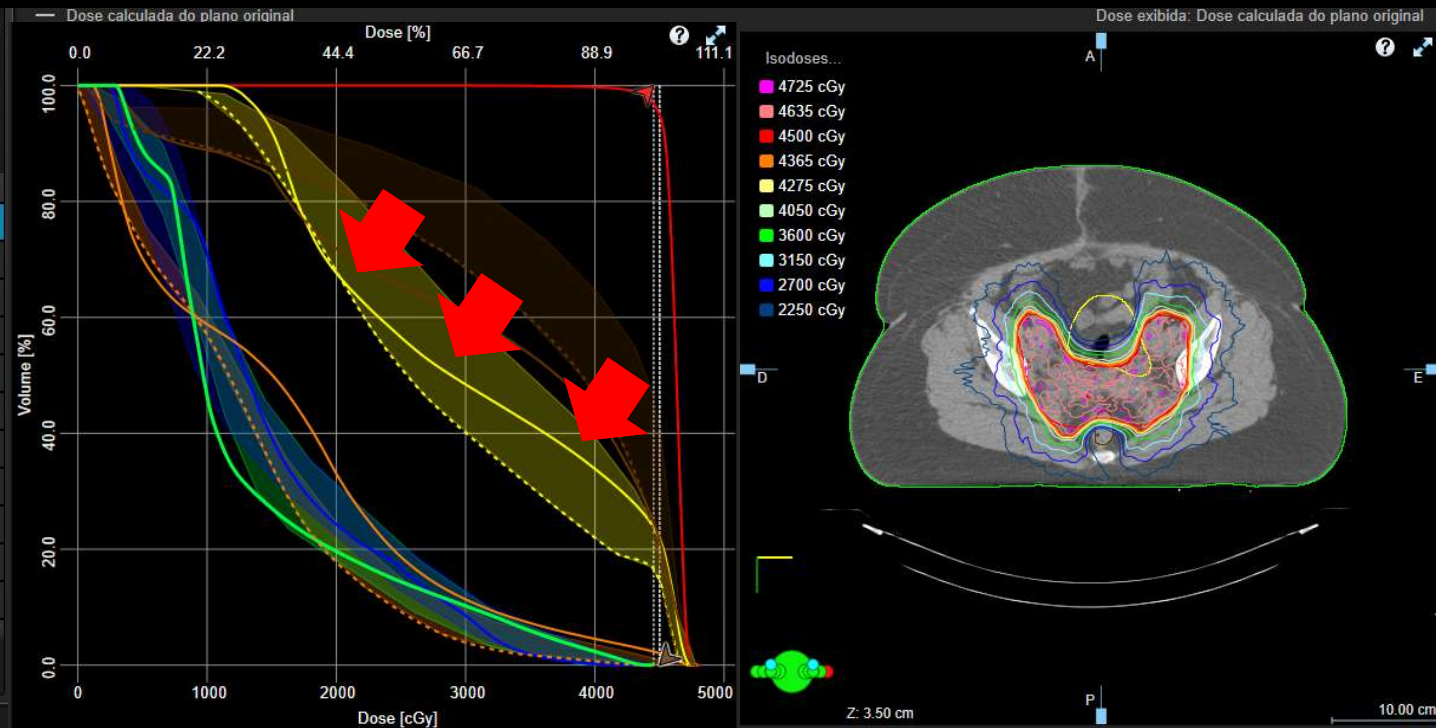
Modelo de estimativa do DVH ☒ RHP Colo Uterino quarta-feira, 12 de maio de 2021 12:06:31 Pelve 15.6.05

Descrição 25x180 28x180 [Exibir descrição clínica...](#)

ID da estrutura do plano (Códigos)	Tipo	ID da estrutura do modelo (Códigos)	Dose-alvo
☒ PTV 45Gy (PTV_High)	PTV	PTV_High (PTV_High)	4500 cGy
☒ Bladder (15900)	AVOIDANCE	Bladder (15900)	
☒ Bowel (7199)	ORGAN	Bowel (7199)	
☒ FemHeadNeck_L (32843)	ORGAN	FemHeadNeck_L (32843)	
☒ FemHeadNeck_R (32842)	ORGAN	FemHeadNeck_R (32842)	
☒ Rectum (14544)	AVOIDANCE	Rectum (14544)	
☐ CTV 45Gy (CTV_High)	CTV		
☐ _Anel (Ring)	CONTROL		
☐ _Bladder OTM (15900)	AVOIDANCE		
☐ _Bowel OTM (7199)	ORGAN		
☐ _Rectum OTM (14544)	AVOIDANCE		

[Estadísticas da estimativa...](#) [Gerar estimativas e objetivos](#)

[Estimar DVH](#)



- Utilizar modelos do **RapidPlan**, como um “**guia**” de **dose Volumétrica mínima alcançável** (Gerar as Estimativas)

☒ RHP Colo Uterino

☒ RHP_PROSTATA_200cGy

☒ RHP_PROSTATA_250cGy

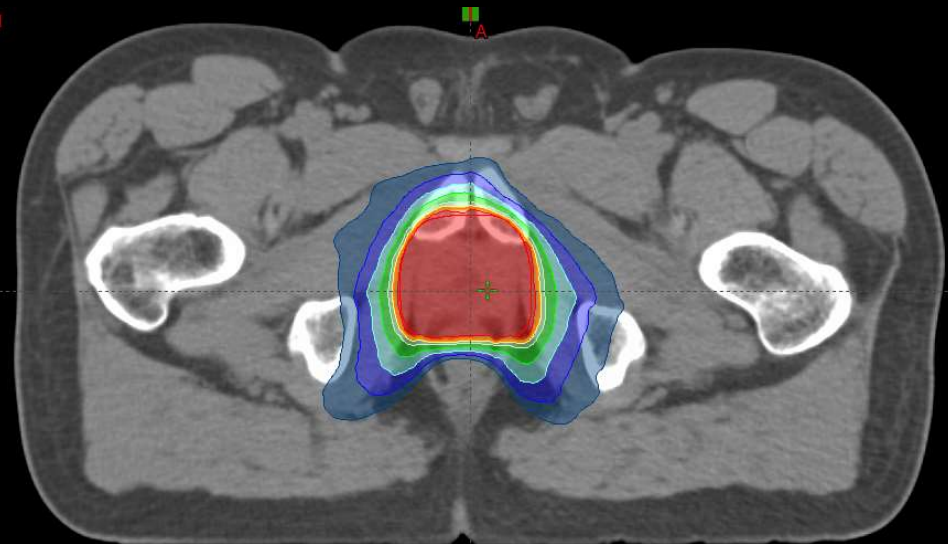
☐ _PROSTATA 20X300cGy

Resultado das Estratégias

Próstata
+/- Linfonodo

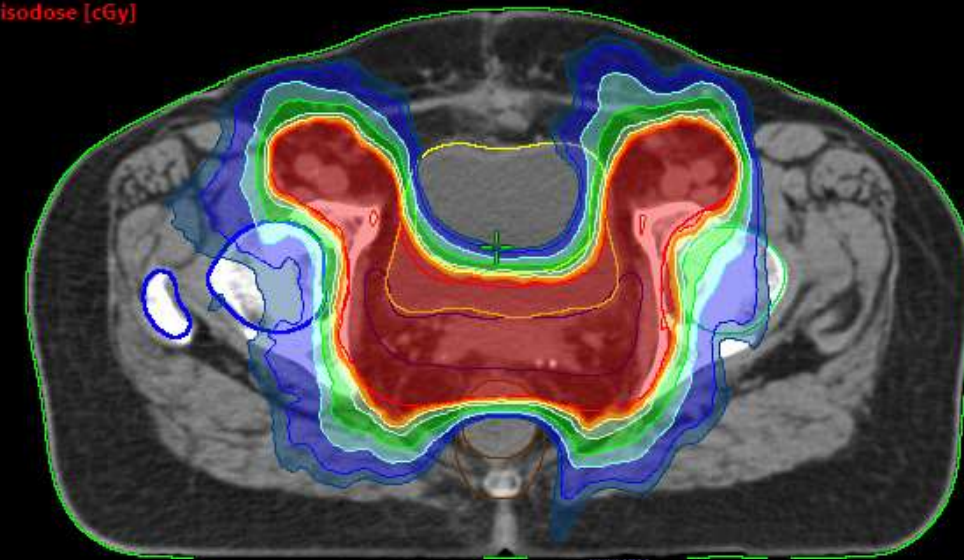
Colo de Útero /
Endométrio

Colowash da isodose [cGy]
✓ 6250.0
✓ 6062.5
✓ 5937.5
✓ 5625.0
✓ 5000.0
✓ 4375.0
✓ 3750.0
✓ 3125.0



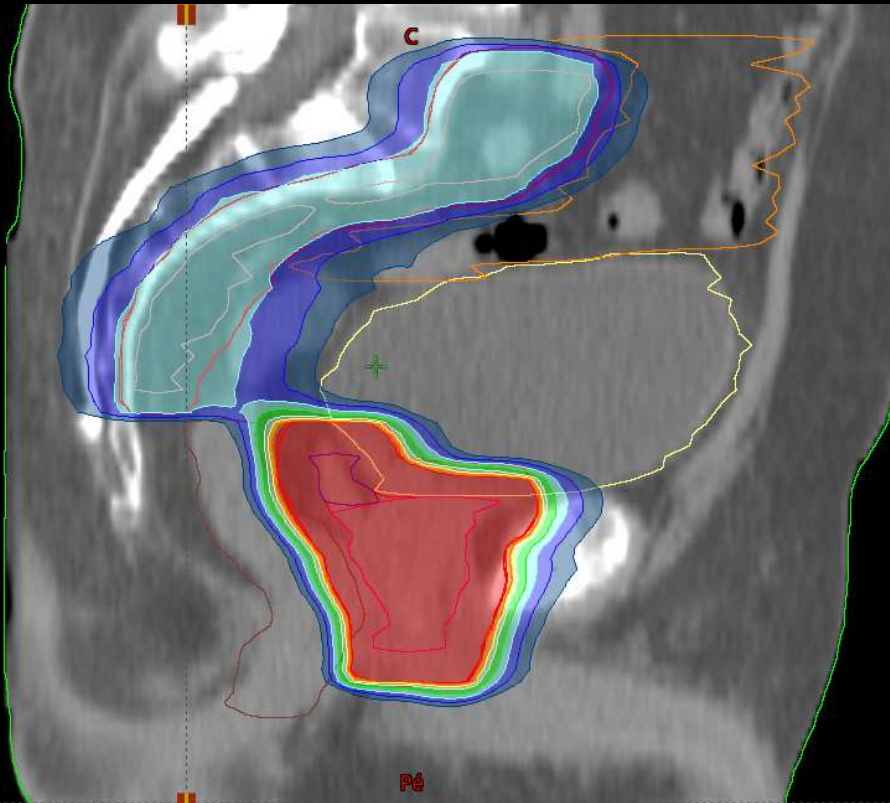
Colowash da isodose [cGy]

✓ 4500.0
✓ 4365.0
✓ 4275.0
✓ 4050.0
✓ 3600.0
✓ 3150.0
✓ 2700.0
✓ 2475.0



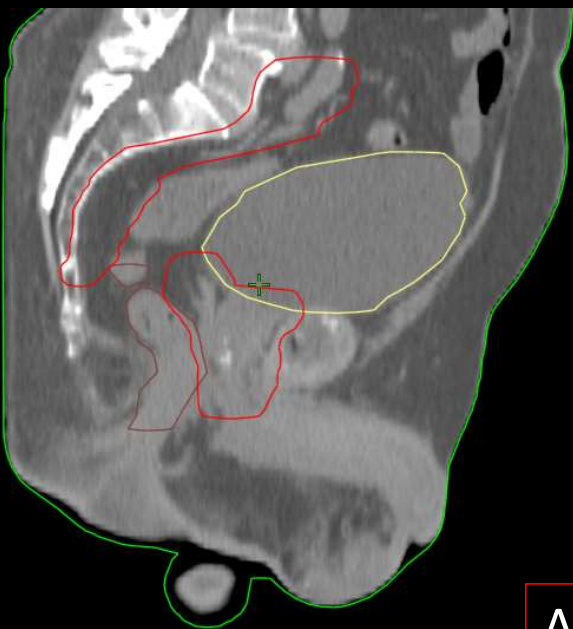
Colowash da isodose

✓ 7200.0
✓ 6984.0
✓ 6840.0
✓ 6480.0
✓ 5760.0
✓ 5040.0
✓ 4320.0
✓ 3600.0



Fluxo de trabalho para Radioterapia Adaptativa?

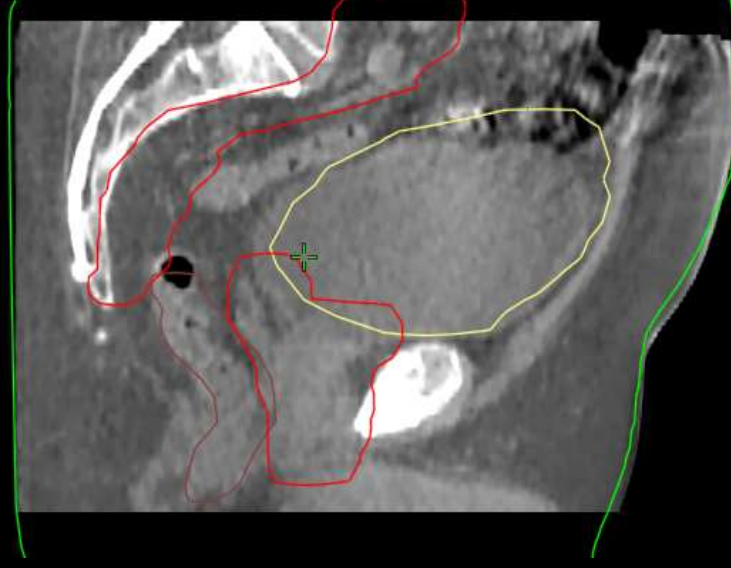
CT – Simulação



1º CBCT



2º CBCT



Avaliação **Qualitativa** pelo Médico CTV e OAR

Planejamento



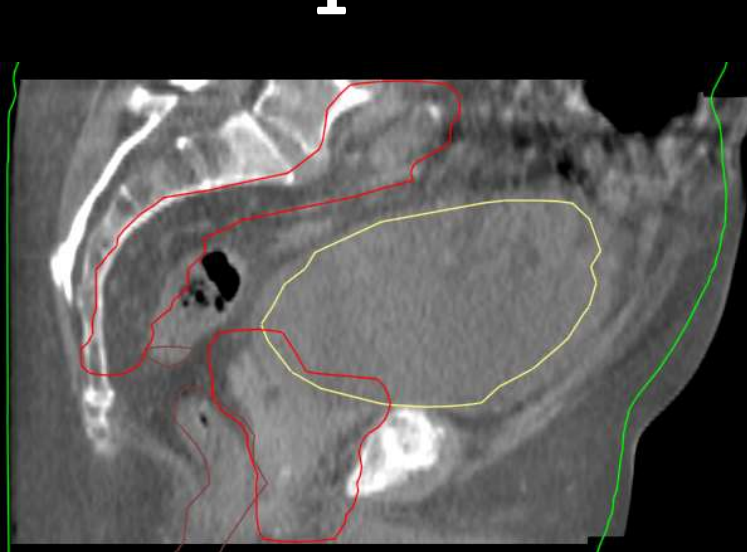
Primeiro dia de
Tratamento



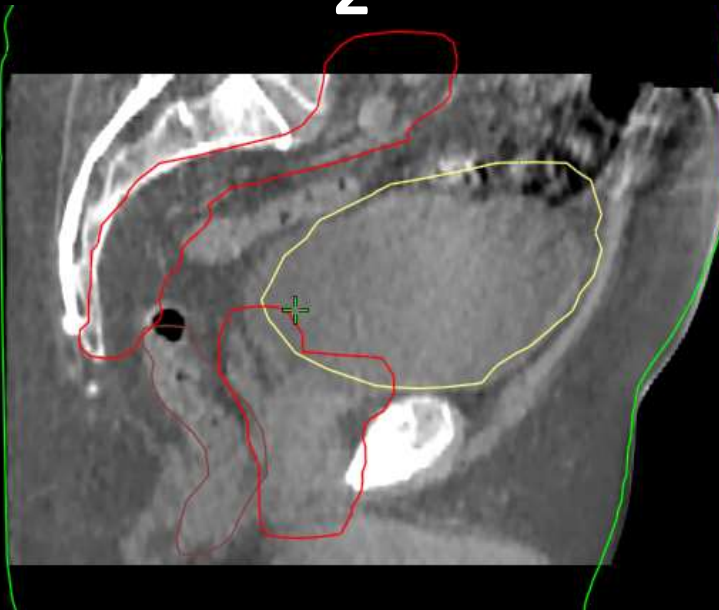
Repetir o CBCT

Situações possíveis

1



2



3



Repetir o CBCT

Aceitável

Avaliação

Não Aceitável

1-Tratamento

2-Trata / Replan

3-Replanejamento

Situações possíveis: 2 Avaliação

Avaliação

Caso: **Próstata 72Gy** + **Linfonodos 50Gy**

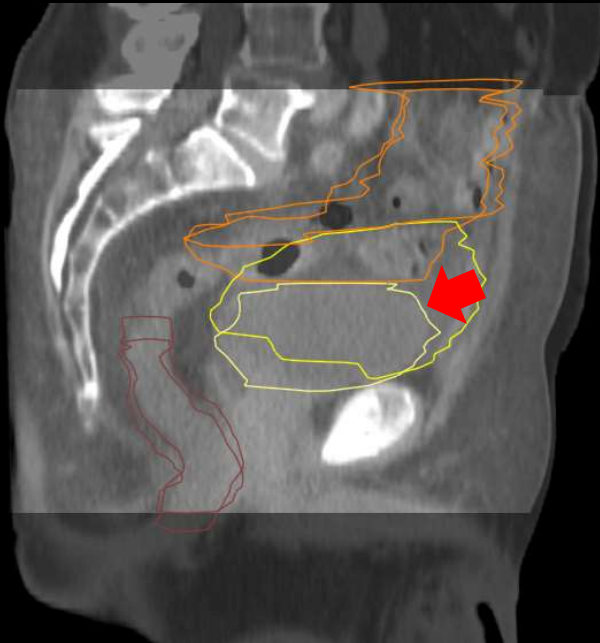
1ª Fase 25 x 2Gy = **50Gy**

2ª Fase 11 x 2Gy = **22Gy**

CBCT-1, 2, 3 N

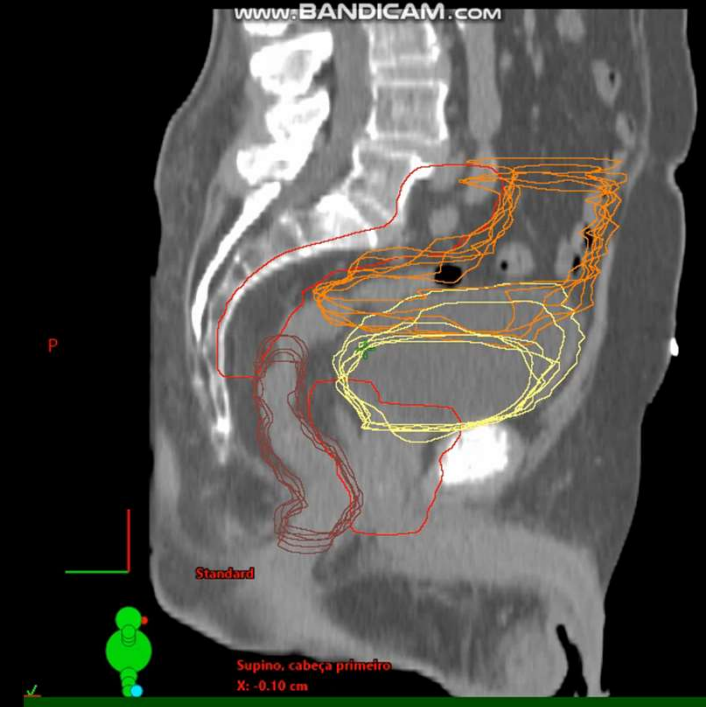
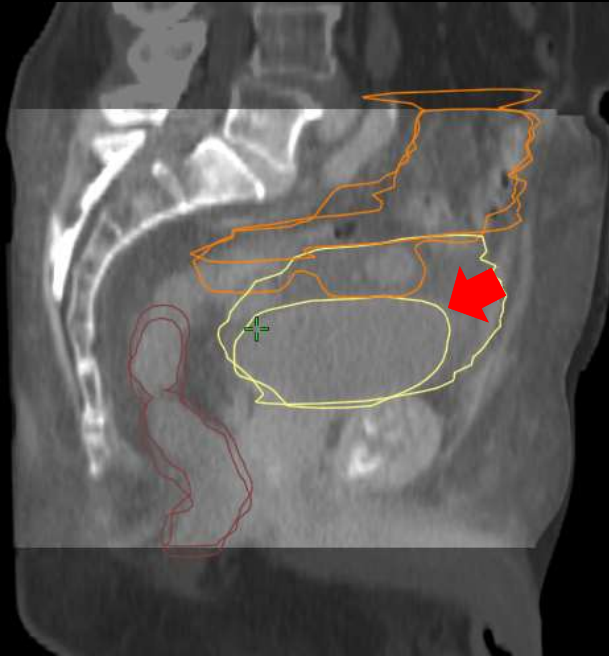
CBCT-1

Planejado Bexiga = 280 cc
CBCT1 Bexiga = 150 cc



CBCT-2

Planejado Bexiga = 280 cc
CBCT2 Bexiga = 117 cc



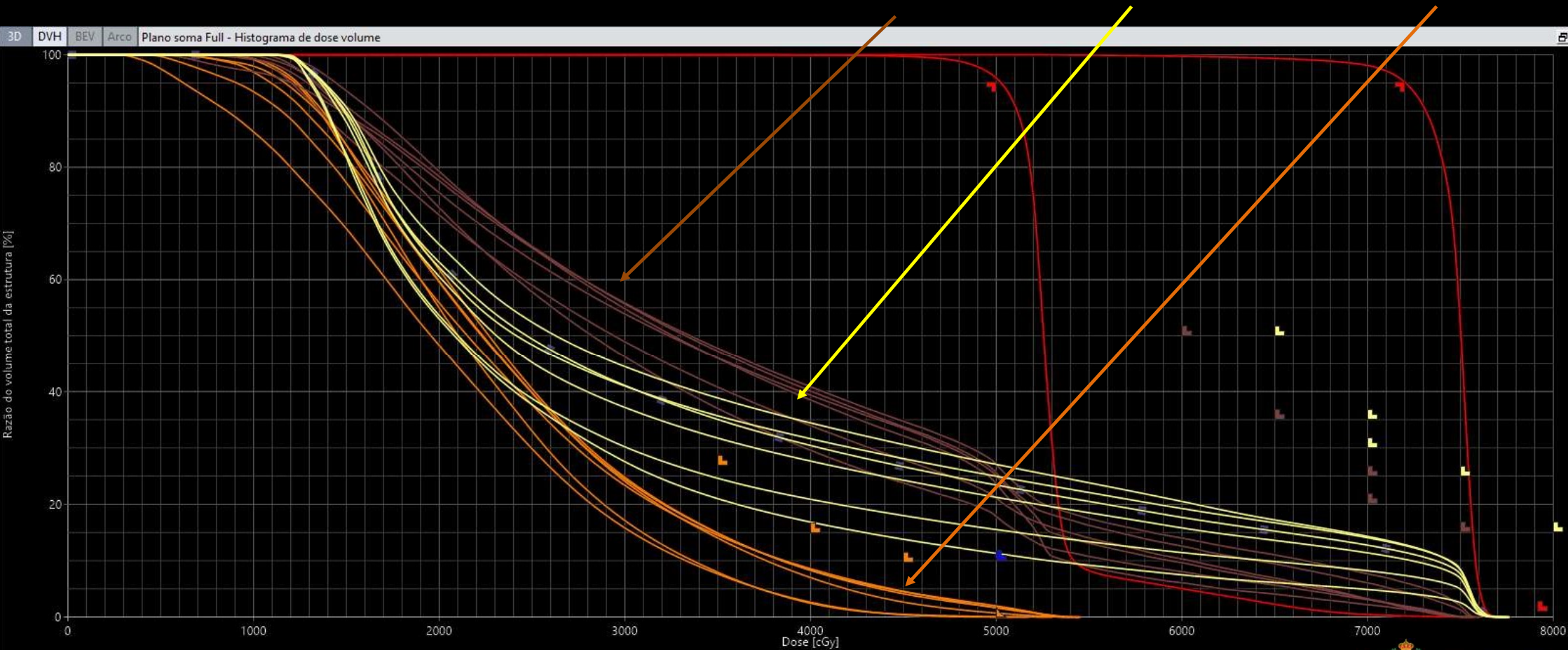
Avaliação da nova estrutura do CBCT no Plano Inicial

Estruturas no CBCT novo Contorno

RETO

BEXIGA

ALÇAS

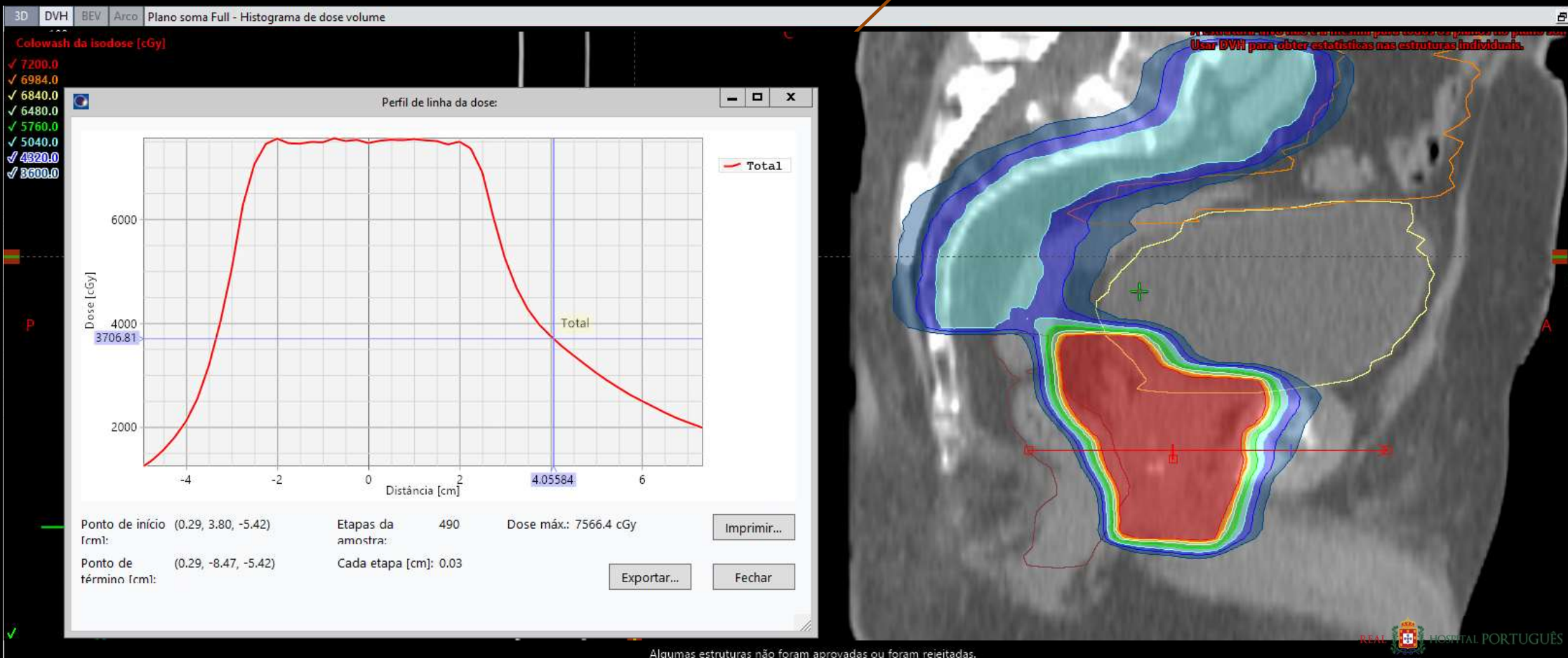


Algumas estruturas não foram aprovadas ou foram rejeitadas.

Avaliação da nova estrutura do CBCT no Plano Inicial

Estruturas no CBCT novo Contorno

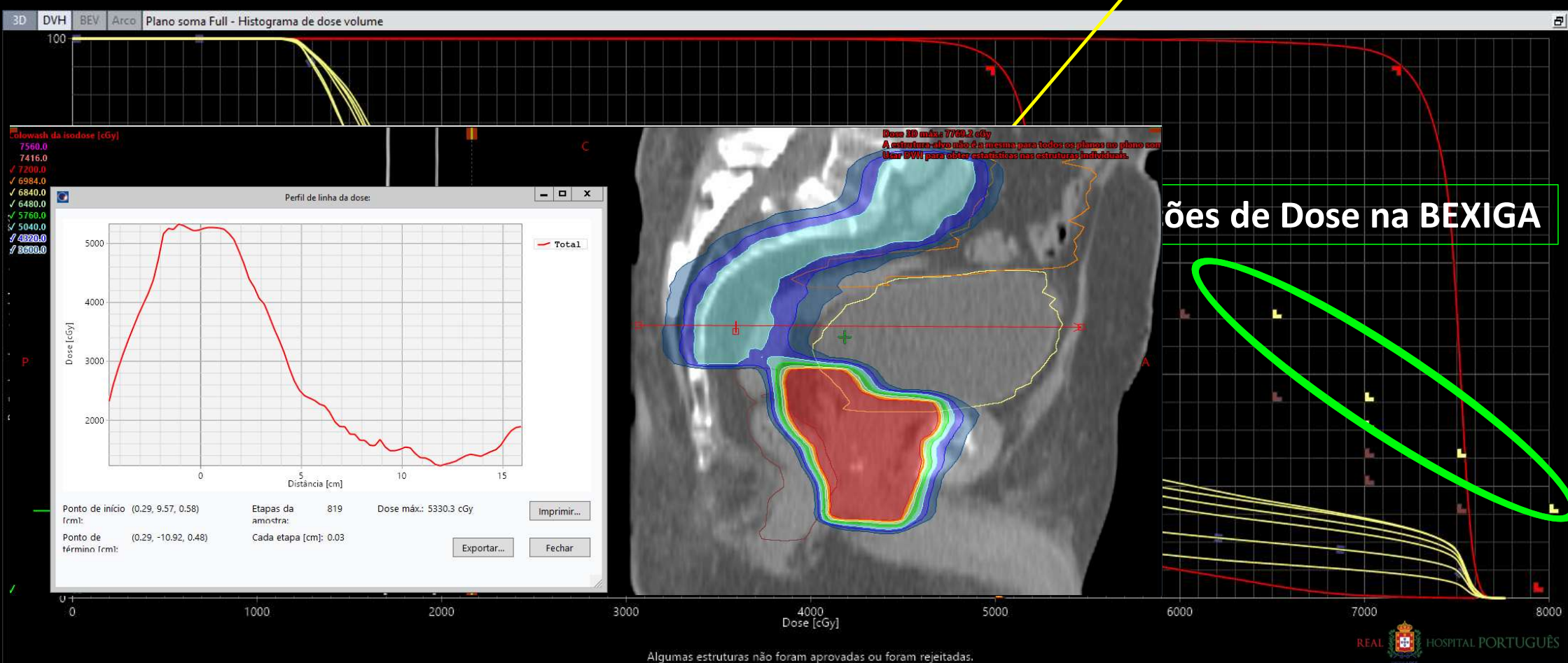
RETO



Avaliação da nova estrutura do CBCT no Plano Inicial

Estruturas no CBCT novo Contorno

BEXIGA



Avaliação da nova estrutura do CBCT no Plano Inicial

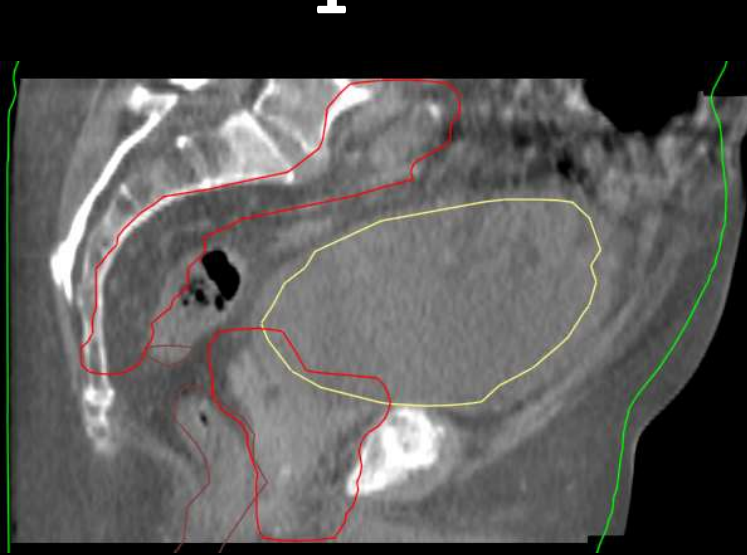
Estruturas no CBCT novo Contorno

ALÇAS

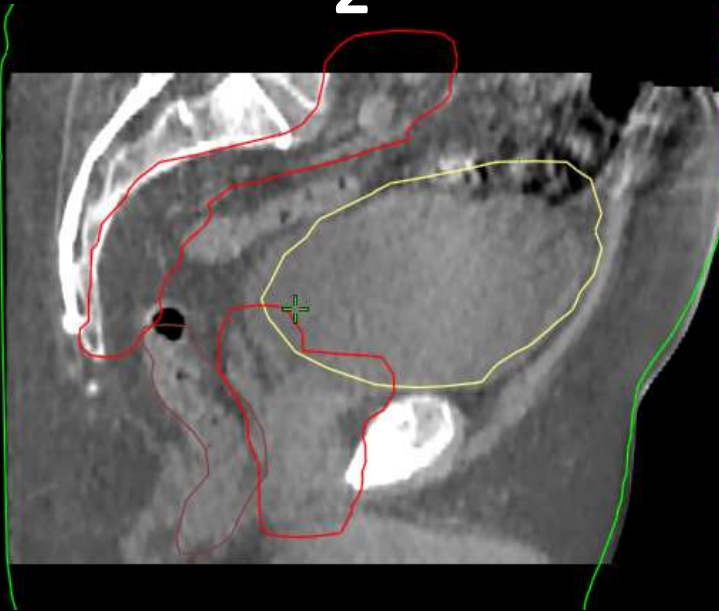


Situações possíveis

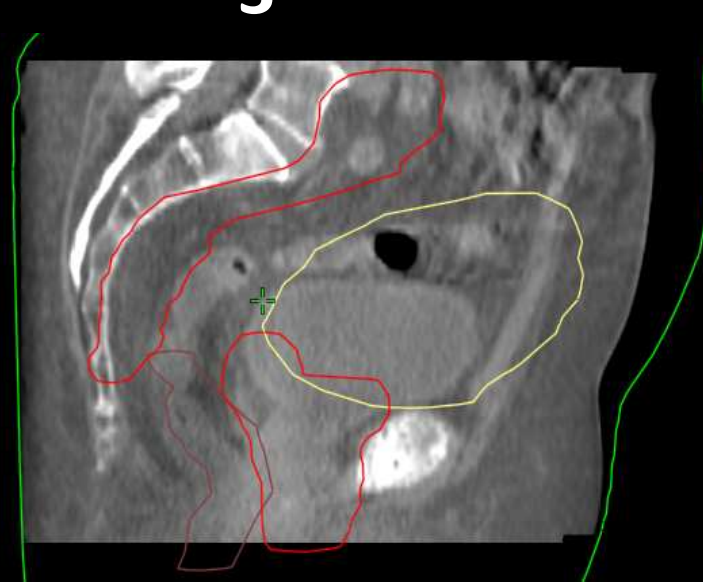
1



2



3



Repetir o CBCT

Aceitável

Avaliação

Não Aceitável

1-Tratamento

2-Trata / Replan

3-Replanejamento

Situações possíveis: 3 Replanejamento

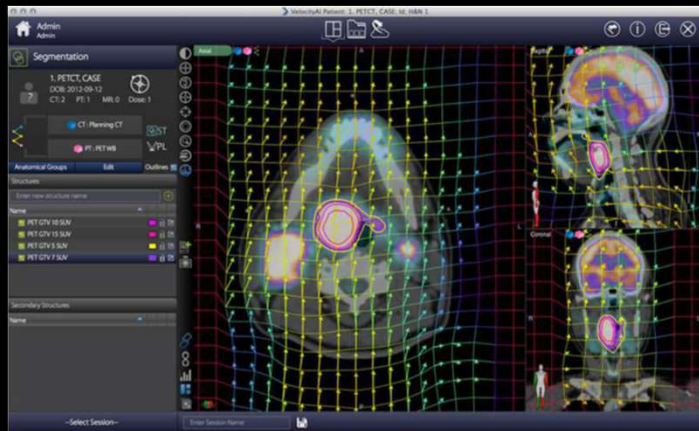
3

Replanejamento

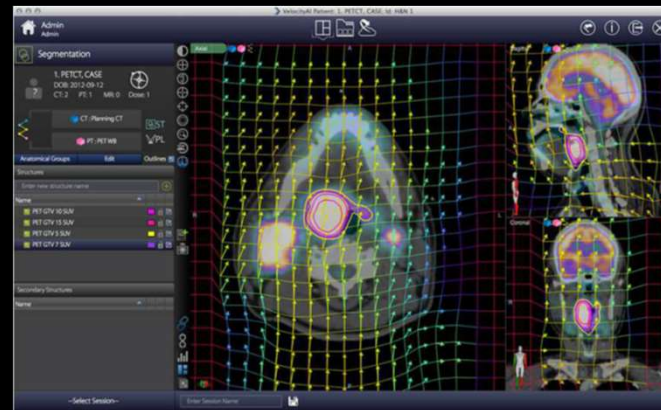
CBCT

Nova Tomografia

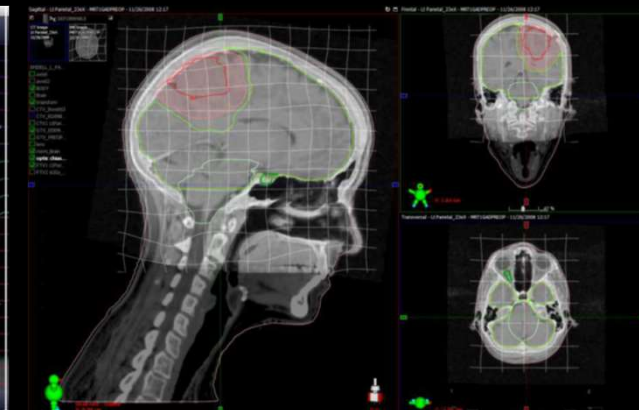
Softwares realizam registro
RÍGIDO e **DEFORMÁVEL**



Velocity



Velocity



Eclipse TPS

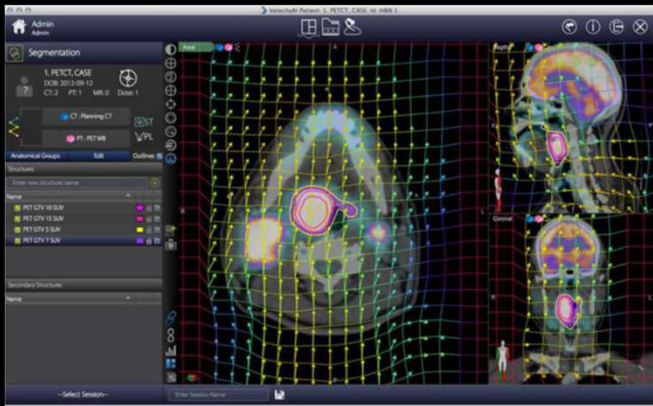
Fluxo de trabalho do Replanejamento com o CBCT

CBCT

Exportar o CBCT para o **Velocity**

Realizar o Registro
Deformável

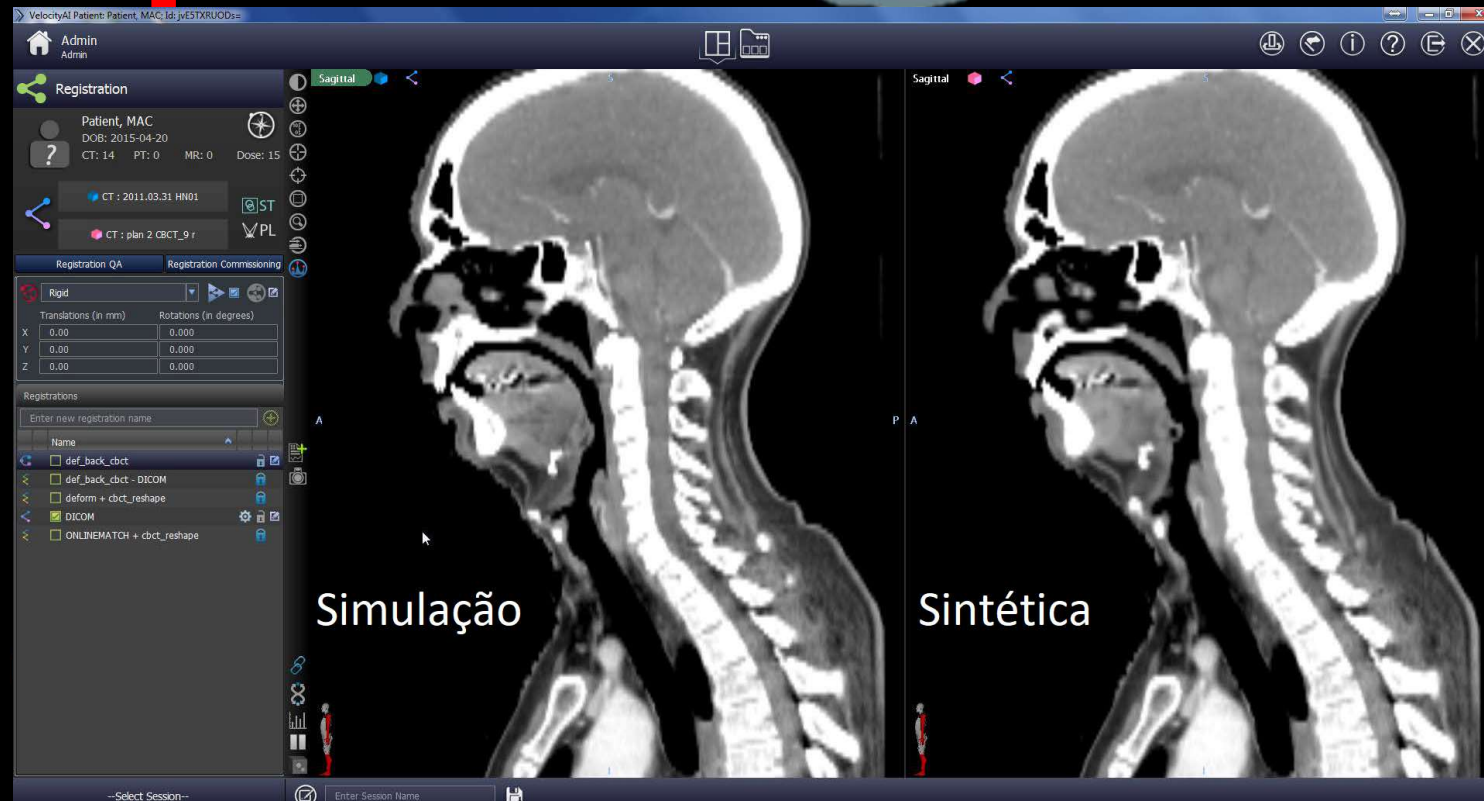
Adaptive CT
(Hounsfield Units)



Realizar o Registro **Rígido**

CT de planejamento

CBCT

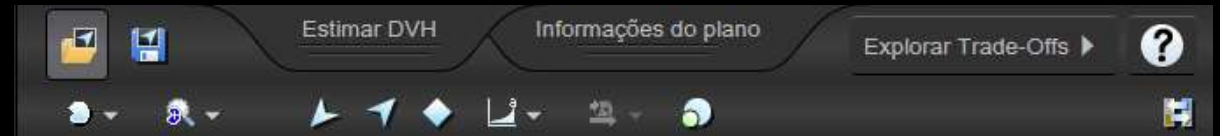


Simulação

Sintética

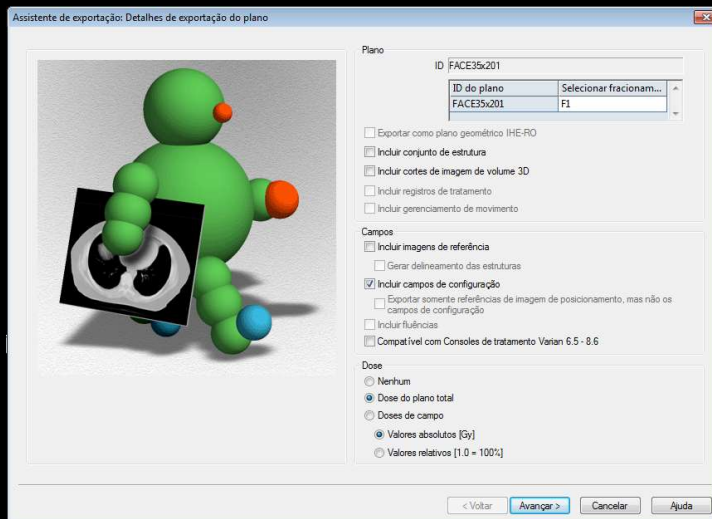
Fluxo de trabalho do Replanejamento com o CBCT

- Normalmente utiliza a **mesmo setup**
- **Otimização Plano Original aplica no Replanejamento**



Tratamento

CT Sintética + OARs + Alvos
Exportado para o Eclipse



Objetivos clínicos

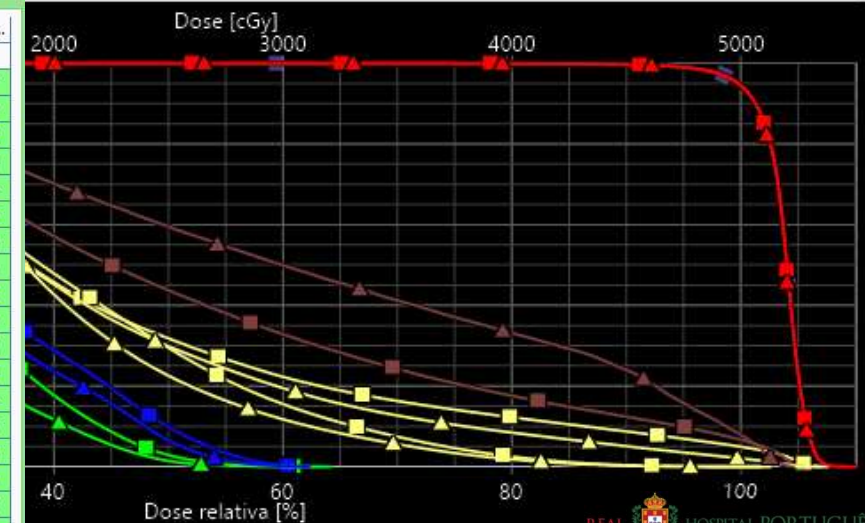
de dose volume

Plano				Σ - Plano so...
Dose total				N/A
Resumo dos objetivos clínicos				0 0 17
PTV 72Gy	P1	D 95.0 % > 7200 cGy	7251.84 cGy	
	P1	D 1.0 % < 7918 cGy	7628.08 cGy	
	P1	D 99.0 % > 7030 cGy	7060.29 cGy	
Bladder	P1	D 15.0 % < 8000 cGy	3873.18 cGy	
	P1	D 25.0 % < 7500 cGy	3066.93 cGy	
	P1	D 35.0 % < 7000 cGy	2605.94 cGy	
FemHeadNeck_L	P1	D 50.0 % < 6500 cGy	2118.00 cGy	
	P3	D 30.0 % < 7000 cGy	2818.94 cGy	
	P2	D 10.0 % < 5000 cGy	2894.95 cGy	
FemHeadNeck_R	P2	Dmáx. < 5000 cGy	4026.50 cGy	
	P2	D 10.0 % < 5000 cGy	3217.54 cGy	
	P2	Dmáx. < 5000 cGy	4094.82 cGy	
Rectum	P1	D 15.0 % < 7500 cGy	6016.45 cGy	
	P1	D 25.0 % < 7000 cGy	5452.52 cGy	
	P1	D 35.0 % < 6500 cGy	5159.49 cGy	
	P1	D 50.0 % < 6000 cGy	4035.91 cGy	
	P3	D 20.0 % < 7000 cGy	5677.67 cGy	

2000

40

Do



Situações possíveis: 3 Replanejamento

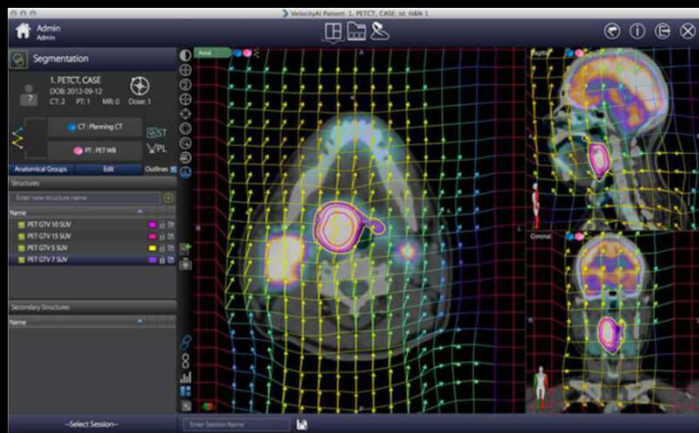
3

Replanejamento

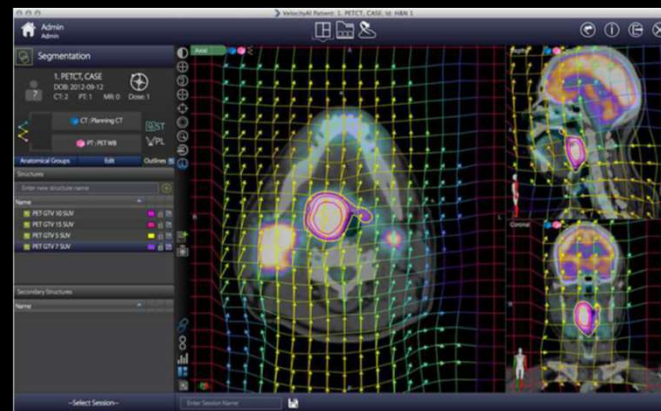
CBCT

Nova Tomografia

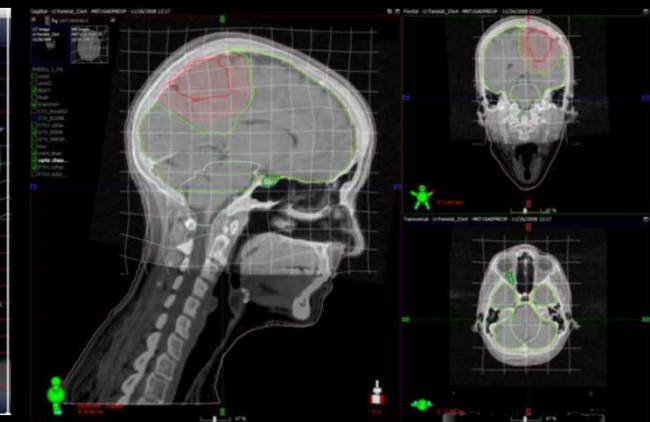
Softwares realizam registro
RÍGIDO e **DEFORMÁVEL**



Velocity



Velocity



Eclipse TPS

Fluxo de trabalho do Replanejamento com nova CT

Nova Tomografia

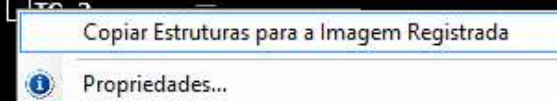
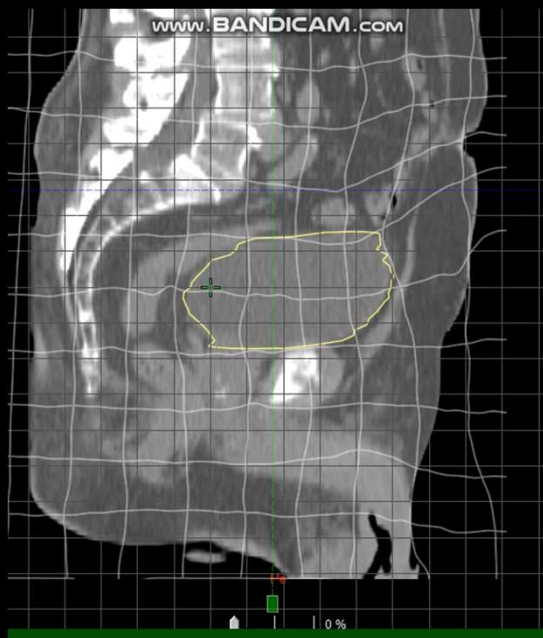
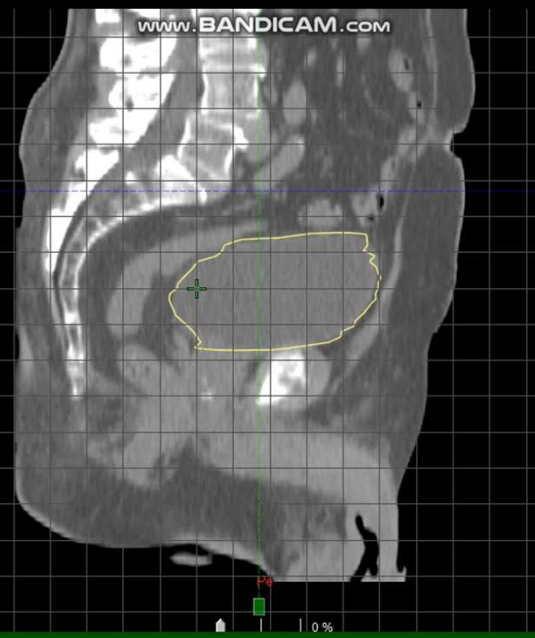
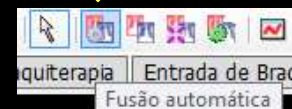
- Maneira **mais utilizada** no **RHP** para realizar a Radioterapia Adaptativa (**CT dedicada**)
- Normalmente **mesmo posicionamento** e preparo

Velocity

Eclipse TPS

Realizar o Registro **Rígido**

Realizar o Registro **Deformável**



- **Copiar as Estruturas** da CT **original** para a CT **Replan**
- CT original foi **deformada** para CT Replan
- Médico **Conferir** OAR e Alvos

Fluxo de trabalho do Replanejamento com nova CT

Nova Tomografia

- **Não** está **integrado** com o Eclipse, tem que Exportar e Importar

Velocity

Eclipse TPS

Realizar o Registro **Rígido**

Realizar o Registro **Deformável**

Copiar OARs e Alvo para **CT Replan**

Exportar para o **Eclipse TPS**

Direto

Otimização / Cálculo de Dose

Avaliação do Replanejamento



Como realizar o somatório de dose com os Replanejamentos?

Método Simples



Situação 1: Quando **não tratou nenhuma fração** e precisa de realizar um replanejamento. Neste caso **replanejamento** com **dose total** do tratamento na TC NOVA

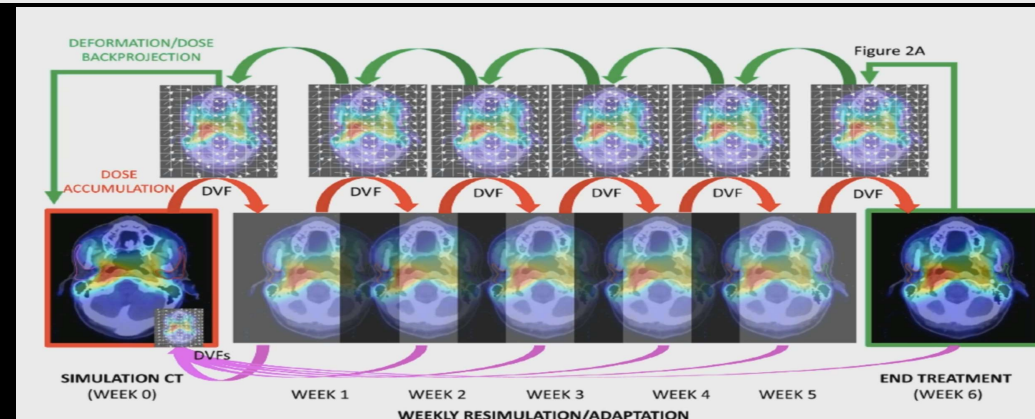
Situação 2: Durante o tratamento precisa **Replanejar**. Temos que escolher em **qual Tomografia vai ser realizada a soma de Dose** (normalmente **NOVA**). Adiciona **incertezas** na soma pois não leva em consideração a dose na TC Simulação inicial.

Método Complexo



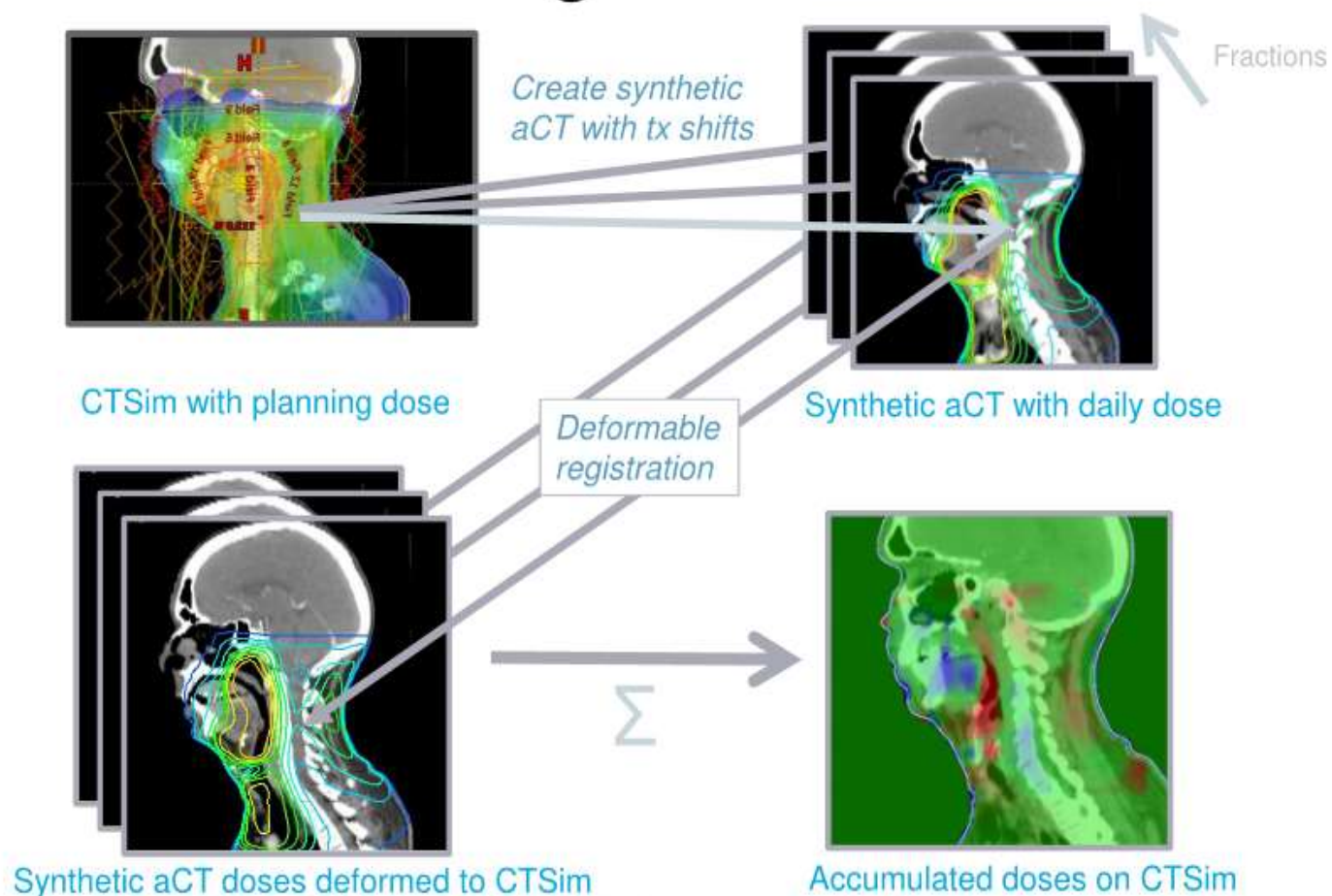
Método **mais preciso** para calcular a **dose acumulada** no paciente baseado na **deformação da dose**

Exemplo: Velocity é possível realizar o somatório de dose baseado na **CT Sintética**



Como realizar o somatório de dose com os Replanejamentos?

Adaptive Dose Tracking Workflow



VARIAN CONFIDENTIAL/ PROPRIETARY: DISCLOSED SOLELY FOR IMMEDIATE RECIPIENT ONLY.

Conclusões

- **Definições técnicas** para Replanejar Pacientes de Pelve começa com uma análise **Qualitativa** e posteriormente **Quantitativa**
- **Fluxo de trabalho** na clinica bem **Protocolado** para realizar a Radioterapia Adaptativa
- **Preparo adequado** e utilização de **técnicas especiais de planeamento** tem como **evitar** inúmeros **replanejamentos**
- **Software dedicado** fornecem ferramentas adicionais: replanejamento utilizando o **CBCT** e somar vários replanejamentos deformando a **Dose Acumulada**
- **Novas tecnologias**, evolução de **softwares** e **inteligência artificial** são responsáveis pelo crescimento da Radioterapia Adaptativa atualmente.
- Vários **protocolos** em **andamento** mostrando as **vantagens** em realizar RA

Obrigado



Contato:



Email: lucadelbem1@gmail.com



Whatsapp: (11) 994627380



Instagram: [lucadelbem](https://www.instagram.com/lucadelbem)