



**INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA**  
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE  
LISBOA



# Efeito da Imobilização na Radioterapia do Cancro do Pulmão

---

**Lina Márcia Custódio da Silva**

**Dr. Paulo Costa- Centro Hospitalar Barreiro Montijo, EPE**

**Dra. Margarida Eiras- Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa**

## **Mestrado em Radiações Aplicadas às Tecnologias da Saúde**

**Área de Especialização:**

### **Terapia com Radiações**

Lisboa, 2012

**INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA**  
**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA**

# **Efeito da Imobilização na Radioterapia do Cancro do Pulmão**

---

**Lina Márcia Custódio da Silva**

**Dr. Paulo Costa- Centro Hospitalar Barreiro Montijo, EPE**

**Dra. Margarida Eiras- Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa**

**Júri:**

**Dr. Nuno Teixeira**

**Dra. Iola Cardoso**

## **Mestrado em Radiações Aplicadas às Tecnologias da Saúde**

**Área de Especialização:**

**Terapia com Radiações**

---

Lisboa, 2012

*A Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor e que tal não viole nenhuma restrição imposta por artigos publicados que estejam incluídos neste trabalho.*

## Resumo

A precisão e reprodutibilidade do posicionamento tornou-se um dos principais objectos de interesse desde o desenvolvimento da Radioterapia conformacional a 3D. Quando realizamos tratamentos de grande precisão, como Radioterapia estereotóxica fraccionada extracraniana, este assunto é também de grande importância. O objectivo deste estudo é avaliar três sistemas de posicionamento e imobilização (apoio de pulmão, colchão de vácuo e *Body Pro- Lok™*) no que diz respeito à sua capacidade de reprodutibilidade do posicionamento e minimização dos erros intrafracção. Estes dados podem ser usados para otimizar o posicionamento dos pacientes que realizem Radioterapia estereotóxica fraccionada extracraniana ou Radioterapia conformacional a 3D.

Os movimentos interfracção e intrafracção de 9 pacientes (11 lesões) que realizaram Radioterapia estereotóxica extracraniana fraccionada, imobilizados com apoio de tórax (3), colchão de vácuo (6) e *Body Pro- Lok™* (2), foram analisados. Foram realizadas imagens recorrendo ao equipamento *On Board Imager- OBI*. Para cada grupo, foi calculado separadamente o movimento interfracção e intrafracção para o tumor e paciente.

O movimento interfracção do tumor é bastante semelhante para os três sistemas. O movimento intrafracção do tumor é ligeiramente maior para o apoio de pulmão (3.0 mm) em relação aos outros sistemas (2.4 mm, para o colchão de vácuo e *Body Pro- Lok™*). O apoio de pulmão garante uma menor reprodutibilidade do posicionamento do paciente (6.4 mm de movimento na estrutura óssea) em relação aos outros sistemas (4.7 mm, para o colchão de vácuo e *Body Pro- Lok™*), e garante uma menor imobilização do paciente ao longo do tratamento, 4.4 mm, 3.2 mm e 2.3 mm, para o apoio de pulmão, colchão de vácuo e *Body Pro- Lok™*, respectivamente.

Tanto o colchão de vácuo como o *Body Pro- Lok™* são os sistemas de posicionamento e imobilização que devem ser utilizados na Radioterapia estereotóxica extracraniana fraccionada já que garantem um menor movimento intrafracção do tumor e do paciente.

**Palavras- chave:** Sistemas de imobilização, Radioterapia estereotóxica extracraniana fraccionada, erros interfracção, erros intrafracção.

## Abstract

The accuracy and reproducibility of patient setup have become one of the main subjects of interest since the development of conformal radiotherapy. When we performed treatments with high precision, as stereotactic radiotherapy, this subject is also of great importance. The purpose of this study is to evaluate three systems for positioning and immobilization (posirest support, vacuum bag and *Body Pro- Lok™*) with respect to its ability to setup reproducibility and minimization of interfraction errors. These data can be used to optimize the placement of patients to perform stereotactic radiotherapy or conformal radiotherapy.

The movements interfraction and intrafraction of 9 patients (11 lesions) who underwent stereotactic radiotherapy immobilized with posirest support (3), vacuum bag (6) and *Body Pro- Lok™*(2), were analyzed. Images were performed using the equipment *On Board Imager- OBI*. For each group was calculated separately the movement interfraction and intrafraction for tumor and patient.

The interfraction movement of the tumor is quite similar for the three systems. The intrafraction movement of the tumor is slightly higher for the posirest support (3.0 mm) in relation to other systems (2.4 mm, for the vacuum bag and *Body Pro- Lok™*). The posirest support ensures a lower reproducibility of positioning of the patient (6.4 mm of movement in bone structure) in relation to other systems (4.7 mm, for the vacuum bag and *Body Pro- Lok™*), and ensures less immobilization of the patient during treatment, 4.4 mm, 3.2 mm e 2.3 mm, for the posirest support, vacuum bag and *Body Pro- Lok™*, respectively.

Both the vacuum bag as the *Body Pro- Lok™* are the immobilization and positioning systems to be used in stereotactic radiotherapy because guarantees a slightest intrafraction movement of the tumor and the patient.

**Keywords:** Immobilization systems, Stereotactic radiotherapy, interfraction errors, intrafraction errors.



# Índice

Resumo	III
Abstract	IV
Lista de siglas e abreviaturas	V
Índice	VI
Índice de figuras	VIII
Índice de tabelas	VIII
1. Introdução	1
2. Enquadramento teórico	5
Objectivo da Radioterapia	5
História da Radioterapia no cancro do pulmão	5
Papel da Radioterapia no cancro do pulmão	6
Radioterapia tridimensional	7
Definição dos volumes alvo	8
Definição dos órgãos de risco	10
Esquemas de fraccionamento	10
Sistemas de imobilização	11
Tomografia computadorizada correlacionada com a respiração	13
Erros em Radioterapia	14
Radioterapia guiada por imagem	15
Radioterapia estereotáxica extracraniana fraccionada	16
Resultados clínicos da SBRT	18
3. Metodologia	18
Pacientes	19
Planeamento dosimétrico	20
Imobilização e compressão abdominal	21
Verificação do movimento do tumor	21
Planeamento do tratamento	21
Sistema de imagem guiada	22
Localização do alvo <i>online</i> e <i>match</i> ósseo retrospectivo	22
Verificação dos erros intrafracção	22
Verificação dos tempos de tratamento	22
Estatística	23

4. Resultados	25
Características do paciente e tumor	25
Desvios diários dos pacientes	26
Desvios diários dos pacientes a 3D	36
Movimento interfracção	37
Movimento intrafracção	38
<i>Match</i> pela anatomia óssea	39
Tempo de tratamento	40
5. Análise de resultados	41
6. Conclusão	47
Referências bibliográficas	48

## Índice de Tabelas

Tabela 4.1- Características dos pacientes	23
Tabela 4.2- Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós-tratamento para o paciente 1 (em mm)	24
Tabela 4.3- Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós-tratamento para o paciente 2a (em mm)	25
Tabela 4.4- Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós-tratamento para o paciente 2b (em mm)	25
Tabela 4.5- Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós-tratamento para o paciente 3 (em mm)	26
Tabela 4.6- Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós-tratamento para o paciente 4a (em mm)	27
Tabela 4.7- Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós-tratamento para o paciente 4b (em mm)	28
Tabela 4.8- Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós-tratamento para o paciente 5 (em mm)	29
Tabela 4.9- Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós-tratamento para o paciente 6 (em mm)	30
Tabela 4.10- Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós-tratamento para o paciente 7 (em mm)	31
Tabela 4.11- Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós-tratamento para o paciente 8 (em mm)	32
Tabela 4.12- Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós-tratamento para o paciente 9 (em mm)	33

Tabela 4.13- CBCT pré- tratamento: Erro de posicionamento do tumor a 3D	34
Tabela 4.14- CBCT pré- tratamento: Erro de posicionamento do paciente a 3D	34
Tabela 4.15- CBCT pós- tratamento: Erro de posicionamento do tumor a 3D	35
Tabela 4.16- CBCT pós- tratamento: Erro de posicionamento do paciente a 3D	35
Tabela 4.17- Movimento interfracção a 3D	36
Tabela 4.18- movimento intrafracção a 3D	36
Tabela 4.19- Diferenças entre tumor e anatomia óssea: Erro interfracção	37
Tabela 4.20- Diferenças entre tumor e anatomia óssea: Erro intrafracção	37
Tabela 4.21- Diferenças entre tumor e anatomia óssea: Erro interfracção a 3D	37
Tabela 4.22- Diferenças entre tumor e anatomia óssea: Erro intrafracção a 3D	37
Tabela 4.23- Tempos de tratamento	38

## Índice de Figuras

Figura 2.1- Volumes de tratamento	8
Figura 2.2-Sistema de imobilização genérico para patologias torácicas	11
Figura 2.3- <i>Body Pro- Lok</i> <sup>TM</sup>	12



## Lista de siglas e abreviaturas

3D- Radioterapia tridimensional

4DCT- *Four dimensional computed tomography* (tomografia computadorizada a quatro dimensões)

CBCT- Cone- Beam Computed Tomography

CTV- Clinical target volume (volume alvo clínico)

GTV. Gross tumor volume (volume tumoral)

Gy- Gray

ICRU- International Commission Units and Measurements

IGRT- Radioterapia guiada por imagem

PET- CT- Positron Emission Computed Tomography (tomografia computadorizada por emissão de positrões)

PTV- Planning target volume (volume planejado)

RMN- Ressonância magnética

SBRT- Stereotactic body radiation therapy (Radioterapia estereotáxica extracraniana fracionada)

TC- Tomografia computadorizada

$\alpha$ - alpha

$\beta$ - beta

# 1. Introdução

Estima-se que em 2030, no conjunto de todos os países do mundo, o número de novos casos de cancro diagnosticados e mortes venha a duplicar. Em Portugal o panorama não é diferente, prevendo-se que em 2030, o cancro seja responsável por mais de 32 mil mortes por ano<sup>1</sup>. Estatísticas de 2008 revelaram que o cancro do pulmão é o terceiro cancro com maior incidência no sexo masculino<sup>1</sup>.

Os avanços tecnológicos da Radioterapia (RT) têm sido constantes. A RT ocupa um lugar importante no tratamento oncológico do cancro do pulmão (doença primária e secundária).

Com o fraccionamento utilizado na Radioterapia convencional, a sobrevida livre de doença após a irradiação do pulmão é apenas 30%, enquanto que com cirurgia estes índices estariam próximos de 75%<sup>2</sup>. O hipofraccionamento (menos fracções com doses mais altas por dia) ganhou força em meados de 2000, tendo como exemplo o tratamento com doses ablativas em tumores metastáticos no fígado<sup>3</sup>. Lagerwaard *et al*<sup>4</sup>, Timmerman *et al*<sup>5</sup>, Faria *et al*<sup>6</sup> e McGarry *et al*<sup>7</sup> têm apresentado excelente controlo local com o hipofraccionamento associado a toxicidade mínima nos tumores do pulmão em estágio I inoperáveis.

Apesar de resultados iniciais promissores, é necessário melhorar a precisão do posicionamento diário dos pacientes durante a aplicação da Radioterapia. Uma das maiores incertezas é a reprodutibilidade diária do posicionamento do paciente em relação à tomografia (TC) de planeamento. Esta imprecisão, associada aos erros sistemáticos e aleatórios, é compensada com a ampliação de margens de segurança que podem aumentar a morbilidade resultante da irradiação desnecessária de tecidos sãos que circundam o alvo a ser irradiado<sup>8</sup>.

A Radioterapia estereotáxica extracraniana fraccionada (SBRT) envolve elevadas doses de radiação em poucas fracções. Para que seja possível atingir uma dose biológica efectiva, enquanto se protege o tecido normal adjacente, é necessária a visualização volumétrica do alvo a ser tratado, para que as coordenadas de deslocamento da mesa sejam perfeitas em relação à imagem de planeamento inicial. Dispositivos de imagem específicos acoplados ao acelerador linear possibilitam a verificação do posicionamento do paciente antes, durante e após o tratamento de RT.

Os avanços e a viabilidade da Radioterapia guiada por imagem volumétrica são cruciais para a SBRT, assim como a segurança e precisão no posicionamento são essenciais para a sua implementação. Mas, a localização sofisticada do tumor não terá qualquer utilidade se o paciente não se mantiver imóvel. Um sistema de imobilização deverá garantir o máximo de reprodutibilidade aquando do posicionamento inicial, e deverá garantir que o paciente se mexe o menos possível no decorrer do tratamento.

O presente trabalho centra-se no estudo e avaliação do sistema de imobilização ideal a utilizar em pacientes propostos para a realização de Radioterapia Estereotáxica Extracraniana Fraccionada, num serviço de Radioterapia, pioneiro na aplicação desta técnica a pacientes com cancro do pulmão, metástases pulmonares e hepáticas.

Neste contexto pretende-se contribuir para a optimização do posicionamento dos pacientes sujeitos a SBRT, pretendendo-se também aplicar os conhecimentos adquiridos aos pacientes a realizar irradiação pulmonar com Radioterapia Conformacional Tridimensional (3D- CRT).

O que nos leva a colocar a questão inicial: Qual o sistema de imobilização ideal a utilizar em pacientes propostos para a realização de Radioterapia Estereotáxica Extracraniana Fraccionada a nível pulmonar?

Assim, têm-se como objectivo geral, avaliar a reprodutibilidade do posicionamento de pacientes sujeitos a Radioterapia Estereotáxica Extracraniana Fraccionada.

Os objectivos específicos são:

1. Avaliar o erro interfracção e intrafracção através do uso de sistemas de aquisição de imagem em tempo real.
2. Avaliar a estabilidade intrafracção de três sistemas de imobilização: apoio de tórax (*Posirest™-2*, CIVCO, Medical Solutions), colchão de vácuo (*Vak- log™ cushions*, CIVCO, Medical Solutions) e *Body Pro- Lok™* (CIVCO, Medical Solutions).

Este projecto, realizado em contexto hospitalar, pretende estudar, avaliar e otimizar o posicionamento a aplicar a pacientes que irradiam o pulmão recorrendo à SBRT. Tentando também utilizar os dados adquiridos para igualmente definir o melhor posicionamento para pacientes a irradiar o pulmão com 3D- CRT.

Este estudo foi realizado no Centro Hospitalar Barreiro Montijo, EPE (CHBM). Este prestador possui um elevado padrão de qualidade no que diz respeito à prestação de cuidados de saúde, sendo uma referência nacional no tratamento do doente oncológico. O Departamento de Radioterapia do CHBM iniciou em 2011 os tratamentos de Radioterapia Estereotáxica Extracraniana Fraccionada.

Para a realização deste trabalho foi necessária a aquisição de imagens volumétricas através de cone-beam CT (CBCT) pré e pós-tratamento em todos os pacientes propostos para SBRT. Os dados foram recolhidos e estudados retrospectivamente com o objectivo de esclarecer a questão principal deste estudo. Foi também necessário estudar diversos temas que contribuíram para a compreensão do projecto: 1) história da Radioterapia no tratamento do cancro do pulmão, 2) papel da Radioterapia no cancro do pulmão, 3) Radioterapia tridimensional, 4) volumes de tratamento, 5) esquemas de fraccionamento, 6) sistemas de imobilização, 7) tomografia computadorizada correlacionada à respiração (4DCT), 8) Radioterapia guiada por imagens, 9) Radioterapia Estereotáxica Extracraniana Fraccionada, 10) resultados da SBRT.

Todo o trabalho foi desenvolvido com recurso ao programa Microsoft Office Excel 2007.

O presente trabalho encontra-se dividido em 6 capítulos:

No capítulo 1 é apresentado o problema que conduziu à sua realização, com uma breve contextualização e os principais objectivos. No capítulo 2 introduzem-se conceitos sobre Radioterapia tridimensional, sistemas de imobilização, 4DCT, Radioterapia guiada por imagem. São ainda explicados os conceitos da SBRT e quais os seus resultados clínicos. No capítulo 3 são apresentados os materiais utilizados para este trabalho. No capítulo 4 apresentam-se os resultados e no capítulo 6 a análise desses resultados. No capítulo 6 apresentam-se as principais conclusões relativamente ao sistema de imobilização ideal a utilizar na Radioterapia torácica (3D-CRT e SBRT).



## 2. Enquadramento teórico

### **Objectivo da Radioterapia:**

O objectivo da RT depende das características do tumor, tais como, extensão da doença subclínica, localização e tipo de tumor. Se o tratamento tem intenção curativa, o seu objectivo é reduzir o número de células no tumor, de modo a eliminá-lo, e obter um controlo tumoral permanente. Por outro lado, se o tratamento tem intenção paliativa, o seu objectivo é o controlo de sinais ou sintomas devidos ao crescimento tumoral<sup>2</sup>.

### **História da Radioterapia no tratamento do cancro do pulmão:**

A Radioterapia é a modalidade clínica de tratamento que utiliza radiação ionizante no tratamento de tumores malignos e alguns benignos. O objectivo da RT é efectuar um tratamento com uma dose precisa num volume tumoral com os mínimos danos nos tecidos sãos adjacentes resultando da erradicação do tumor e manutenção da qualidade de vida dos pacientes<sup>2</sup>.

No início dos anos cinquenta surgiram as primeiras unidade de cobalto e os primeiros aceleradores lineares. Com o passar dos anos conceitos importantes de radiobiologia e radioprotecção têm sido introduzidos e as técnicas de tratamento têm sido melhoradas. Desde então, a RT tornou-se mais precisa, com tratamentos que incluem fótons de altas energias, electrões, neutrões, prótons e iões pesados<sup>2</sup>.

Historicamente, os campos de tratamento englobavam o tumor primário e os gânglios linfáticos regionais. Estes campos de tratamento eram extensos e pouco tolerados clinicamente, principalmente em pacientes com função pulmonar limitada. Uma grande quantidade de tecido sã era irradiado sem necessidade e o tratamento resultava em elevadas taxas de morbilidade em pacientes com função pulmonar já prejudicada devido à doença<sup>9</sup>. Neste contexto, alguns autores começaram a sugerir tratamento localizado nos tumores em estádios iniciais, diminuindo assim, os efeitos colaterais do tratamento de Radioterapia<sup>10,9</sup>.

A tendência de irradiar volumes menores coincidiu com a detecção da actividade tumoral pela tomografia por emissão de positrões (PET- CT). Antes, o mediastino era estadiado por meio de uma mediastinoscopia, que era um procedimento invasivo para os pacientes já fragilizados pela sua condição física. Com

o aparecimento da tomografia computadorizada, o estadiamento passou a não ser invasivo, contudo os estudos demonstravam que o valor preditivo positivo da TC era de apenas 50%<sup>11</sup>. O valor preditivo da PET- CT é considerado maior que o da TC em cerca de 90%<sup>12</sup>. Toda esta tecnologia seu início à exclusão do mediastino dos campos de tratamento e diminui a toxicidade resultante do tratamento de RT<sup>12</sup>.

### **Papel da Radioterapia no cancro do pulmão:**

A classificação da neoplasia pulmonar tem vindo a ser modificada e actualizada pela Organização Mundial de Saúde e actualmente inclui mais de 20 tipos histológicos diferentes. No entanto, existe consenso da literatura que o cancro do pulmão é dividido em dois grandes tipos: carcinoma de pulmão de não pequenas células e carcinoma de pulmão de pequenas células. O primeiro é ainda dividido em três subtipos: carcinoma de células escamosas, o adenocarcinoma de o carcinoma de grandes células<sup>13 14</sup>.

Os pacientes são estadiados através do sistema TNM para serem submetidos ao tratamento mais adequado. O actual sistema de estadiamento baseia-se no proposto por Denoix, em 1946, onde se avalia o tumor primário (T), os gânglios linfáticos regionais (N) e a presença de metástases à distância (M). o tratamento melhor indicado está baseado no estadio da doença<sup>15</sup>.

O tratamento do cancro do pulmão irá depender do tipo de célula, do estadio da doença e da condição fisiológica do paciente, principalmente condição cardíaca e pulmonar. Geralmente, o tratamento envolve cirurgia, quimioterapia e radioterapia-combinadas ou separadamente<sup>16</sup>.

Os resultados da radioterapia são dose- dependentes, isto é: quanto maior a dose no tumor, maior a probabilidade de eliminá-lo. Entretanto, a sensibilidade à radiação dos tecidos normais adjacentes acaba por se tornar um factor limitante de dose. A nova tecnologia disponível procura minimizar essas limitações através da maior preservação dos tecidos normais, associada à possibilidade de aumento de dose no tumor<sup>16</sup>.

A grande vantagem da Radioterapia a 3D é a possibilidade de aumentar a taxa terapêutica, ou seja aumentar a dose no tumor sem aumentar as probabilidades de complicações. Nos tratamentos convencionais, consegue-se administrar doses máximas de 60 a 66 Gy, com probabilidades de 10% de controlo local em dois anos e sobre-vida em cinco anos menor que 10%<sup>16</sup>. Para atingir resposta completa em

tumores do pulmão maiores que 3 cm de diâmetro, doses além de 75 Gy seriam necessárias<sup>16</sup>.

Nos carcinomas de não pequenas células a aplicação da radioterapia é a seguinte: radioterapia (apenas se não ressecados) para estádios I e II, radioterapia associada a quimioterapia, e em casos seleccionados, cirurgia, para estádios III e radioterapia apenas no tórax e/ou metástases nos estádios IV. Nos carcinomas de não pequenas células a radioterapia é realizada após a cirurgia sempre que existem margens comprometidas ou exíguas, gânglios linfáticos mediastínicos atingidos (N2) e em casos individualizados de gânglios linfáticos hilares comprometidos (N1)<sup>16</sup>.

Nos carcinomas de pequenas células a radioterapia aplica-se da seguinte forma: no caso de doença limitada, realiza-se radioterapia torácica, de preferência concomitante à quimioterapia e radioterapia profiláctica do cérebro após remissão completa. No caso de doença extensa a radioterapia pode ser aplicada de forma paliativa<sup>16</sup>.

Utilizam-se doses de 45 50 Gy para doença microscópica ou subclínica e doses de 60 66 Gy para doença macroscópica ou residual. São realizados fraccionamentos de 1.8 a 2 Gy/ dia durante cinco a sete semanas<sup>16</sup>.

A RT é tóxica para o tecido normal dentro do campo de radiação, podendo levar a complicações tais como esofagite, pneumonite e fibrose pulmonar devido a radiação. Isso pode comprometer a capacidade de ventilação e difusão, além de diminuir a reserva pulmonar. Devem ser monitorizadas ao longo do tratamento, a condição nutricional do paciente, o aspecto psicológico, os sinais de anemia e infecção e o nível de fadiga<sup>15</sup>.

### **Radioterapia tridimensional:**

Vários avanços tecnológicos têm sido combinados para conduzir a Radioterapia para aquilo que é agora referido como Radioterapia a três dimensões (3D- CRT). A 3D- CRT é o termo usado para descrever a realização e aplicação de planos de tratamento baseados em imagens a 3D com campos de tratamento conformados individualmente para tratar apenas o volume alvo. A 3D- CRT permite depositar uma dose radical enquanto limita a dose nos tecidos normais adjacentes. A realização da 3D- CRT implica uma mudança nos procedimentos. É necessária uma imobilização precisa do paciente durante todo o processo de planeamento e tratamento, o uso de imagens a 3D de elevada qualidade para determinar os volumes

alvo e órgãos de risco, o uso de sistemas de planeamento a 3D para se escolher a orientação dos campos de tratamento, a avaliação da dose no plano e efeitos biológicos usando histogramas dose- volume, transferência desses dados para a unidade de terapia e a verificação da posição do paciente e correcta localização dos campos de tratamento<sup>17</sup>.

### **Definição dos volumes alvo:**

A *International Commission of Radiation Units and Measurements (ICRU) Reports 50*<sup>18</sup> e *62*<sup>19</sup> forneceram à comunidade da Radioterapia uma linguagem consistente e metodologia para o planeamento do tratamento baseado em imagens volumétricas. Para o planeamento da 3D- CRT, o médico deve especificar o tumor conhecido, isto é, *gross tumor volume (GTV)*, o volume de doença microscópica suspeita, isto é, *clinical target volume (CTV)*, e uma margem adicional em volta do CTV/ GTV necessária para considerar variações no posicionamento e movimento do órgão e paciente, isto é, *planning target volume (PTV)*.

As definições dos *Reports 50* e *62* estão ilustradas na figura 1. O *Report 62* melhora o conceito de GTV, CTV e PTV pela introdução da definição de margem interna (*internal margin- IM*) para ter em conta variações no tamanho, forma e posição do CTV, e a definição de margem de *setup (setup margin- SM)* para ter em conta as incertezas no posicionamento do paciente/feixe de tratamento. O *Report 62* justifica que a identificação destes dois tipos de margens é necessária já que elas compensam diferentes tipos de incertezas. As incertezas da margem interna são devidas às variações fisiológicas (por exemplo: volume do recto, movimentos devido à respiração, etc) e são difíceis de controlar do ponto de vista prático. As incertezas da margem de *setup* estão grandemente relacionadas com factores técnicos que podem ser ultrapassados com um posicionamento e imobilização do pacientes mais eficazes e melhoramento da estabilidade mecânica da unidade de terapia. O volume formado pelo CTV e IM é definido como *internal target volume (ITV)*. O volume formado pelo CTV e IM e SM combinados é o PTV.

Usando as definições do ICRU, o GTV é a extensão do tumor visível determinado por palpação ou estudos imagiológicos. O GTV junto com o volume de doença subclínica constitui o CTV. É de notar que mesmo que o GTV tenha sido removido cirurgicamente, e a RT ao leito tumoral seja considerada necessária, o volume deve ser definido como CTV. Na criação do CTV, o médico deve não só

considerar as microextensões da doença perto do GTV, mas também percursos naturais de disseminação para uma doença em particular e incluir gânglios linfáticos, extensões perivasculares e perineurais. O GTV e CTV são conceitos anatômico-clínicos que devem ser definidos antes da escolha da modalidade de tratamento e técnica a aplicar. Uma vez contornados o GTV/CTV, margens em redor do CTV devem ser especificadas para criar o PTV, de modo a considerarem incertezas geométricas. Essas margens não formam a abertura do campo de tratamento. O PTV é um conceito estático, geométrico usado para o planeamento do tratamento, incluindo prescrição de dose. O seu tamanho e forma depende do GTV e CTV, dos efeitos causados pelo movimento interno dos órgãos e tumor, assim como da técnica de tratamento (orientação do feixe e fixação do paciente).

Em adição às definições de GTV, CTV, ITV e PTV, o ICRU define outros dois volumes que não são anatômicos, mas sim baseados na distribuição da dose: a) o volume tratado, que é volume envolvido pela curva de isodose que é seleccionada e especificada pelo Radioterapeuta como sendo a apropriada para alcançar o objectivo do tratamento (por exemplo: curva de isodose dos 95%) e, b) o volume irradiado, que é o volume que recebe a dose considerada significativa em relação à tolerância do tecido normal (por exemplo: curva de isodose dos 50%). Estes volumes são usados principalmente para optimização e avaliação do plano de tratamento.

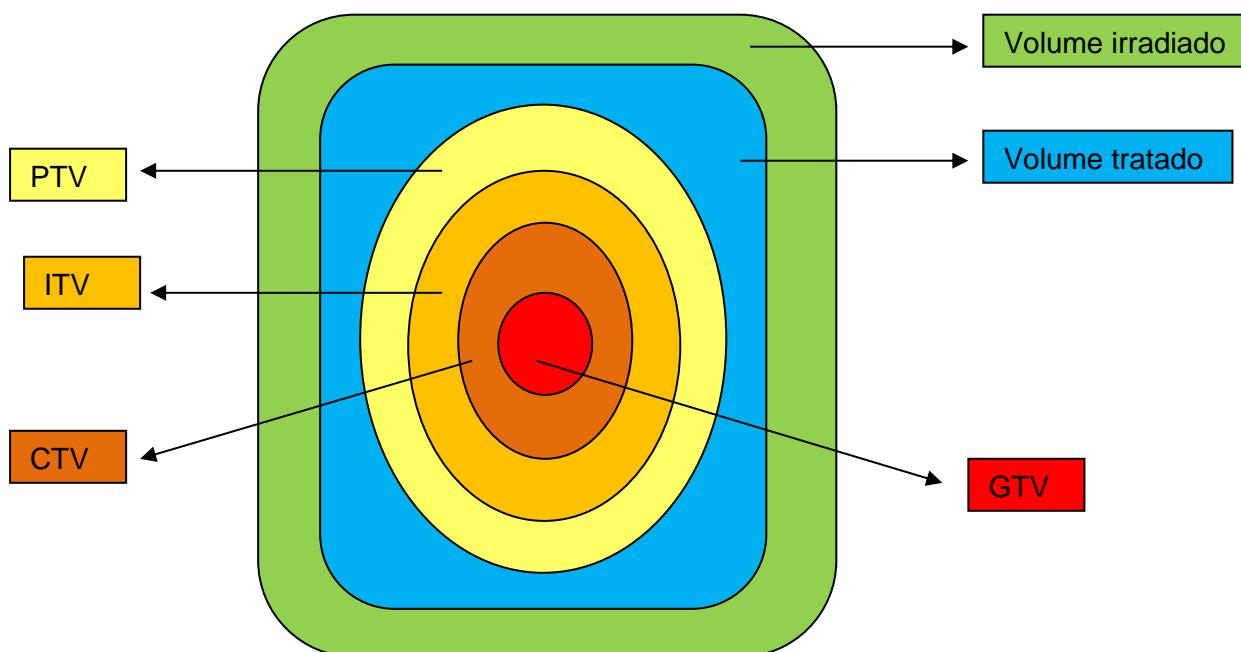


Figura 2.1- Volumes de tratamento. Adaptado de <sup>20</sup>.

### **Definição dos órgãos de risco:**

Os *Reports* 50 e 62 definem os órgãos de risco como as estruturas normais críticas (por exemplo: medula) cuja sensibilidade à radiação pode significativamente influenciar o plano de tratamento e/ou prescrição de dose. O *Report* 62 introduz o conceito de *planning organ at risk volume* (PRV), no qual uma margem é adicionada em redor do volume alvo para compensar as incertezas espaciais do órgão.

### **Esquemas de fraccionamento:**

O fraccionamento padrão para o tratamento do tumor do pulmão consiste numa dose total de 45- 70Gy em fracções diárias de 1.8 G realizadas 5 dias por semana (25 a 35 fracções no total). O tempo de tratamento é de aproximadamente sete semanas. No entanto, aplicando estas doses, a 3D- CRT só consegue alcançar, a longo prazo, o controlo local do tumor em cerca de 30% dos casos<sup>21</sup>.

Estratégias para melhorar os resultados da RT convencional foram estudadas alterando-se o fraccionamento. O hiperfraccionamento, ou seja, mais que um tratamento por dia com uma dose por fracção menor que a convencional demonstrou benefício na sobrevida dos pacientes com tumores do pulmão de pequenas células<sup>22</sup>. O hipofraccionamento, ou seja, uma dose mais elevada por fracção com um menor número total de tratamentos, apresenta inúmeros benefícios quando comparados aos esquemas de tratamento convencional para tumores do pulmão de não- pequenas células<sup>23</sup>.

Na SBRT vários são os estudos que revelam resultados favoráveis em pacientes com tumores primários do pulmão nos quais são aplicados variados esquemas de fraccionamento. No presente, muitos dos critérios aplicados aos pacientes diferem, e a maioria dos ensaios apresentam um pequeno número de pacientes tratados. No entanto, são observados fraccionamentos, como por exemplo, 60 Gy em três fracções para tumores pequenos e 66 Gy em três fracção para tumores maiores<sup>24</sup>, 15 Gy por fracção com 3 fracções no total<sup>25</sup>, 30 Gy numa única fracção<sup>26</sup>, 24 Gy numa única fracção<sup>27</sup>. A dose ideal para o tratamento de SBRT continua a ser explorada em vários ensaios clínicos e continua a ser necessário um maior tempo de *follow- up* para os ensaios já realizados<sup>27</sup>.

Uma das grandes dificuldades na Radioterapia é a comparação efectiva das doses com diferentes esquemas de fraccionamento. O modelo linear quadrático é

utilizado na tentativa de se realizar a equivalência biológica nas mudanças de fraccionamento. O modelo linear quadrático enfatiza as diferenças entre as respostas dos tecidos de multiplicação rápida e lenta ao fraccionamento utilizado por meio dos valores de  $\alpha$  (alpha) e  $\beta$  (beta). Esse sistema assume que existem dois padrões para a morte celular devido à radiação. Um é proporcional à dose efectuada ( $\alpha$ ) e outro é proporcional ao quadrado da dose efectuada ( $\beta$ )<sup>28</sup>.

Aplicando-se a fórmula do modelo linear quadrático, o tratamento convencional de 60 Gy em 30 fracções (2Gy por fracção) e o hipofraccionamento com 60 Gy em 3 fracções (20 Gy por fracção) apresentam uma dose biológica equivalente de 72 Gy e 180 Gy, respectivamente<sup>28</sup>. Estes dois esquemas de fraccionamento estimam uma sobrevida livre de doença em 30 meses de 15% e >99%, respectivamente. Esses altos índices de controlo local e baixas taxas de toxicidade com o hipofraccionamento têm despertado atenções para o tratamento de certos tumores do pulmão.

### **Sistemas de imobilização:**

No início do processo da Radioterapia, a posição de tratamento do paciente é determinada. A reprodutibilidade do posicionamento do paciente é essencial para diminuir erros no momento do tratamento. Esses erros podem ocorrer se os pacientes forem inadequadamente imobilizados, resultando em campos de tratamento incorrectamente localizados de tratamento para tratamento (erros interfracção). Por outro lado, o paciente pode também mover-se durante o tratamento (erro intrafracção) devido à sua inadequada imobilização.

Sistemas de imobilização têm sido desenvolvidos na tentativa de minimizar as alterações no posicionamento diário, o que possibilita a redução das margens de segurança. Os sistemas de imobilização podem ser genéricos, ou seja, podem ser utilizados por todos os pacientes (Figura 2) ou podem ser personalizados para cada paciente.



Figura 2.2- Sistema de imobilização genérico para patologias torácicas.

Porque os tratamentos de SBRT são frequentemente mais longos que os da RT convencional, imobilização consistente, reprodutível e confortável é essencial para assegurar a precisão do tratamento. Vários sistemas destinados ao posicionamento e imobilização dos pacientes que realizam SBRT estão comercialmente disponíveis e incluem por exemplo, frames estereotáxicas, colchões de vácuo. A frame estereotáxica é um sistema de referências que é externo ao corpo do paciente. Usando este sistema de referências externo, as coordenadas de um alvo interno podem ser reprodutivelmente localizadas durante o planeamento e tratamento. Um outro sistema de posicionamento e imobilização mais simples que tem sido muito utilizado no posicionamento destes pacientes é o colchão de vácuo. O colchão contém uma mistura de espumas de poliuretano que sendo mantidas em vácuo tornam o colchão rígido e com a forma do paciente.

Em conjunto com os sistemas de imobilização, têm sido usados sistemas que permitem a redução do movimento respiratório permitindo assim uma diminuição considerável das margens de segurança. Um deles é o *Body Fix*<sup>TM</sup> (Medical Intelligence, Schwabmuenchen, Germany) que usa dois sistemas de vácuo, um colchão para o corpo inteiro (Med- Tec, Orange City, IA) é colocado por baixo do paciente e outro é colocado por cima do paciente. Com este posicionamento a respiração do paciente é minimizada. Um outro sistema é o *Body Pro- Lok*<sup>TM</sup> (CIVCO, Medical Solutions) (Figura 3) que é constituído por uma placa de compressão que apresenta um parafuso que permite baixar a placa de compressão limitando o movimento respiratório a nível abdominal promovendo a redução do movimento do tumor.



Figura 2.3- *Body Pro-Lok™*. Fonte: Autora, 2011.

### **Tomografia computadorizada correlacionada à respiração:**

A tomografia computadorizada correlacionada com a respiração (4DCT) é de extrema utilidade para a determinação das margens individualizadas da SBRT a nível pulmonar. A 4DCT consiste numa série de imagens de TC a 3D adquiridas em diferentes fases do ciclo respiratório. Tipicamente 10- 20 imagens por corte são reconstruídas representando 10- 20 fases do ciclo respiratório. As imagens são adquiridas em cada fase do ciclo respiratório com a mesa parada enquanto se regista a respiração do paciente. De seguida, a mesa move-se e o processo é repetido. Isto resulta num total de imagens entre 1000 e 2000 por cada 4DCT. Após a aquisição, um software é usado para retrospectivamente dividir as imagens de acordo com as fases do ciclo em que se encontram. Aquando do planeamento, o CTV e os órgãos de risco são delimitados em uma ou mais fases. Com a 4DCT é possível observar o desvio máximo do CTV para todas as fases. A 4DCT permite também delimitar o GTV no final da inspiração e no final da expiração e combinar esses volumes formando o ITV. Com esta TC é possível obter imagens com melhor definição já que a respiração provoca imagens distorcidas, com posições anatómicas, volumes e formas incorrectas quando se adquire a TC em 3D.

## **Erros em Radioterapia:**

O tratamento de RT é normalmente baseado numa única TC de planeamento realizada antes do início dos tratamentos. O plano de tratamento é reproduzido diariamente o que facilita a introdução de erros aquando da sua realização.

Inúmeros erros podem ser apontados no processo de delimitação dos volumes na TC de planeamento. A frequente utilização de exames complementares com a RMN ou o PET- CT pode também resultar em erros aquando da fusão das imagens<sup>29</sup>. Incertezas na delimitação das estruturas são erros sistemáticos que irão influenciar todas as fracções de tratamento de forma idêntica<sup>29</sup>.

Na RT conformacional, e ainda mais na SBRT, o volume dos órgãos de risco a serem irradiados é reduzido. Contudo, margens muito pequenas entre o CTV e o PTV vão resultar em falhas geométricas em algumas ou até todas as fracções de tratamento. Torna-se então muito importante quantificar, e possivelmente reduzir, os erros de posicionamento do paciente durante o tratamento<sup>30</sup>.

O erro de posicionamento de um paciente é a diferença entre a posição actual e a pretendida da parte do paciente que é irradiada, com respeito aos feixes de tratamento. Existem factores que poderão conduzir a erros como por exemplo, a mobilidade da pele (tatuagem) em relação à anatomia interna<sup>30</sup>.

Os erros de posicionamento são separados em duas classes principais: erros interfracção, que são desvios entre fracções diferentes, durante uma série de tratamento, e erros intrafracção, definidos como sendo o desvio observado dentro de uma única fracção de tratamento. Este desvio é causado pelo movimento aleatório do paciente ou pela movimentação do tumor/ órgão devido, por exemplo, à respiração. Além da movimentação interna dos órgãos, mudanças como o emagrecimento ou ganho de peso do paciente, inflamações locais, diminuição do volume tumoral podem contribuir para o aparecimento de erros. Outro factor que influencia a incerteza no posicionamento é a precisão com que os terapeutas são capazes de posicionar o paciente usando as marcações (tatuagens) para o alinhamento. Esta capacidade é influenciada pela experiência, treino prévio e concentração dos Técnicos de radioterapia, assim como o tempo dispendido para posicionar o paciente. O estado físico e mental do paciente também influencia a precisão no posicionamento<sup>30</sup>.

Outras fontes de erros poderão ser os erros físicos da unidade de terapia que poderão surgir mesmo com o grande controlo de qualidade realizado aos aceleradores lineares modernos<sup>30</sup>.

Os erros de posicionamento podem ser reduzidos com a introdução de correcções *online* (*match online*), ou seja, correcções que são realizadas logo após a verificação da imagem obtida em tempo real na unidade de terapia, de modo a corrigir um erro interfracção observado. O *match* consiste em sobrepôr as imagens de verificação obtidas com as imagens de referência sendo analisado o desvio de uma imagem em relação à outra. Contudo, a própria correcção *online* poderá conduzir a um erro porque a visualização da imagem é subjectiva e podem existir diferenças de interpretação do mesmo profissional em momentos diferentes. Como tal, pode-se proceder a um *match* automático ou a avaliação deverá ser realizada por mais de um observador. Pode-se, contudo, não proceder a uma correcção imediata e avaliar as imagens após o tratamento (*match offline*) e os desvios serem aplicados na fracção seguinte, dependendo do protocolo de correcção de posicionamento estabelecido pelos departamentos<sup>30</sup>.

### **Radioterapia guiada por imagem:**

A combinação da imagem tridimensional e a realização de um tratamento altamente conformacionado num único aparelho com a intenção de manter a precisão é a base de inúmeras técnicas de tratamento e processos conhecidos como Radioterapia guiada por imagem (IGRT)<sup>2</sup>. Diversos dispositivos são utilizados para avaliarem o movimento inerente ao posicionamento diário do paciente (erro interfracção) e durante a realização (erro intrafracção) do tratamento. As novas tecnologias permitem a realização de imagens volumétricas que depois de comparadas com a TC de planeamento permitem efectuar a irradiação com precisão e segurança<sup>2</sup>.

Tradicionalmente, imagens de Raios X (película) eram realizadas na unidade de terapia com o objectivo de observar a anatomia óssea e o campo de tratamento com segurança. A imagem realizada antes de iniciar o tratamento evita erros sistemáticos que podem comprometer o controlo local da doença. O dispositivo electrónico de imagem portal (EPID) é um detector de Raios X acoplado ao acelerador linear com capacidade de realizar uma imagem digital do campo de tratamento. Esta imagem é feita e analisada em tempo real<sup>31</sup>.

Actualmente, novos dispositivos têm a capacidade de gerar imagens em 3D, como o CBCT. Deste, uma TC da área a ser tratada é gerada a partir do acelerador

linear e as imagens são comparadas, volumetricamente, com a imagem da TC de planeamento<sup>31</sup>.

A verificação do posicionamento do paciente na mesa de tratamento momentos antes do tratamento foi um dos maiores avanços da Radioterapia moderna. Com campos cada vez mais conformacionados ao volume alvo a ser tratado, a precisão do posicionamento diário torna-se imprescindível para que os erros sistemáticos ou aleatórios não comprometam a qualidade do tratamento<sup>31</sup>.

### **Radioterapia Estereotáxica Extracraniana Fraccionada:**

Embora a ressecção cirúrgica seja a aproximação preferida para paciente com tumores do pulmão de não pequenas em estágio precoce, experiências prévias com a RT externa convencional mostraram que o controlo da lesão primária está directamente relacionado com a dose de radiação, sugerindo que doses elevadas poderão oferecer melhor controlo local<sup>32</sup>. A SBRT tem sido extensamente avaliada em pacientes com tumores do pulmão de não pequenas células em estágio precoce assim como em pacientes com tumores situados no fígado, pâncreas, rim, próstata e coluna<sup>33</sup>.

A SBRT explora os avanços na tecnologia para realizarem múltiplos feixes de tratamento com dose elevada e radiação altamente conformacionada em curtos cursos de tratamento. As doses por fracção vão muito além das doses depositadas na RT convencional e o seu período total de tratamento é muito menor (por exemplo: 1- 2 semanas em vez de 5- 6 semanas). estas características tornam a SBRT muito mais potente (isto é, radioablativa) que a RT convencional para o tratamento de tecidos neoplásicos mas potencialmente mais perigosa para os tecidos normais. Por isso, torna-se necessário realizar uma deposição da radiação de forma altamente precisa<sup>34</sup>.

Na SBRT as fracções de radiação são frequentemente administradas em poucos dias em vez de dias sucessivos. O tumor a ser tratado deve ser identificado de forma precisa ao longo de uma sessão de tratamento de 30- 60 minutos. Precisão milimétrica é alcançada com a adição de ferramentas imagiológicas, tal como o CBCT. Com o tumor a tornar-se visível através do CBCT, a posição do paciente pode ser guiada usando coordenadas exactas e o campo de tratamento pode ser centrado de forma mais precisa no tumor. Uma margem mais pequena em redor do tumor é necessária para considerar as variações no posicionamento de dia para dia,

resultando numa redução no volume de tecido normal que é irradiado, obtendo-se uma redução na toxicidade<sup>34</sup>.

Em reconhecimento à potência das doses usadas na SBRT nenhuma margem é adicionada ao tumor que é visível na TC de planejamento pré- tratamento. Na RT convencional tal margem é adicionada para englobar a extensão microscópica invisível. Para limitar e conformacionar o volume de elevada dose durante a sessão de tratamento, a SBRT utiliza mais feixes de radiação que os usados na RT convencional (por exemplo: 7- 13 feixes em vez de 3- 4 feixes). Cada feixe contribui com uma pequena porção da dose total, com o objectivo de reduzir o dano ao longo do seu percurso<sup>34</sup>.

A experiência até à data indica que a SBRT para o cancro do pulmão é eficaz e bem tolerada, mesmo por pacientes frágeis com grande compromisso da função pulmonar. Contudo, nem todos os pacientes com carcinomas do pulmão de não pequenas células inoperáveis são eleitos para SBRT. A localização do tumor tem de ser considerada. Tumores que estão na proximidade de estruturas centrais (por exemplo: traqueia, brônquios) são geralmente excluídos devido ao risco de toxicidade séria (potencialmente fatal) se grandes doses são depositadas<sup>34</sup>. A terapia também pode ser contraindicada em pacientes com tumores que estão perto da espinal medula, aorta e plexus braquial<sup>34</sup>.

O parênquima pulmonar geralmente tolera a elevada dose por fracção e elevada dose utilizadas na SBRT<sup>32</sup>. A incidência de toxicidade séria é tipicamente 5% ou menos<sup>34</sup>.

Os sintomas agudos (isto é, que ocorrem três meses ou menos após a SBRT) incluem fadiga de baixo grau, tosse, eritema e dor na parede torácica. Taxas de sintomas de toxicidade tardios (isto é, que ocorrem três meses após a SBRT) têm sido baixos. Ocorrências tardias de fracturas de costelas e dor na parede torácica têm sido observadas em alguns pacientes com tumores periféricos nos quais parte da parede torácica frequentemente recebe a dose total de radiação. Dados acerca da mortalidade relacionada com o tratamento, devido a pneumonite radiógena, hemorragia e ulceração esofágica, têm sido raros, embora a vigilância constante seja necessária<sup>34</sup>.

**Resultados clínicos da SBRT:**

O tratamento para a neoplasia do pulmão com hipofracionamento iniciou-se após as boas experiências adquiridas com a SBRT aplicada às lesões do fígado<sup>35</sup>. Actualmente, observam-se respostas com excelente controlo local e sobrevida em pacientes tratados com SBRT em regime de hipofracionamento. Taxas de controlo local dos tumores são tipicamente 80- 90%, o que representa 2/3 de melhoramento em relação às taxas da RT convencional fraccionada<sup>29</sup>. Pacientes operáveis que recusaram a cirurgia e realizaram SBRT tiveram uma taxa de sobrevivência aos 5 anos de 70%. Esta taxa é comparável à da cirurgia e sugere que a SBRT é uma alternativa segura à cirurgia<sup>34</sup>. Comparações sugerem que o uso da SBRT pode alcançar o dobro da taxa de controlo local do que é obtido com a RT convencional<sup>34</sup>.

A SBRT é, portanto, uma modalidade de tratamento benéfica no tratamento de tumores dito radioresistentes como os tumores do pulmão de não pequenas células, tumores de células renais, melanoma, sarcomas e tumores da próstata<sup>36</sup>.

### 3. Metodologia

#### **Pacientes:**

Um total de 9 pacientes portadores de carcinoma do pulmão inoperável em estadios iniciais, metástases pulmonares ou hepáticas foram tratados no Serviço de Radioterapia do Centro Hospitalar Barreiro Montijo, EPE. Dos 9 pacientes, 3 foram tratados a metástases pulmonares, 5 foram tratados a tumores primários do pulmão e 1 foi tratado a metástases hepáticas. Dos pacientes que irradiaram metástases pulmonares, dois deles apresentavam duas localizações distintas que foram irradiadas. Totalizou-se 11 lesões em estudo. O período avaliado foi entre Maio de 2011 e Setembro de 2011. Todos os pacientes que realizaram SBRT no período referido foram considerados neste estudo. Os 9 pacientes foram tratados num acelerador com capacidade de aquisição de imagens volumétricas para verificação do posicionamento, sendo estas imagens utilizadas para os propósitos deste estudo. Os dados foram avaliados de forma retrospectiva utilizando o programa Microsoft Office Excel 2007.

#### **Planeamento dosimétrico:**

O planeamento do tratamento foi realizado usando o sistema de cálculo *Eclipse* com algoritmo triplo A (Varian medical Systems, Palo Alto, CA, USA). Os volumes alvo foram delimitados pelo Médico Radioterapeuta na TC de planeamento helicoidal e na TC de planeamento a 4D. O *gross tumor volume* foi delimitado usando a janela de pulmão. Todos os pacientes realizaram TC a 4D. As imagens obtidas foram avaliadas no sistema de planeamento e as imagens representando os extremos do movimento do alvo, foram escolhidas para o planeamento. Os GTV's delimitados nessas imagens, correspondendo às fases de máxima inspiração e expiração, foram fundidos para gerar o *internal target volume* (ITV) como pelo *International Commission on Radiation Units and Measurements Report 62*<sup>19</sup>. O ITV representa o volume alvo considerando o movimento respiratório do tumor. Uma margem uniforme de 5 mm foi adicionada ao ITV para gerar um PTV que considere as incertezas associadas ao tratamento. Os volumes delimitados na TC a 4D são sobrepostos na TC a 3D já que o sistema de planeamento realiza os cálculos de dose através desta TC.

### **Imobilização e compressão abdominal:**

Os pacientes foram imobilizados usando os três sistemas de imobilização disponíveis no serviço para patologias a nível torácico: apoio de tórax (*Posirest™-2*, CIVCO, Medical Solutions, Kalona, IW) colchão de vácuo (*Vak-lok™ cushions*, CIVCO, Medical Solutions, Kalona, IW) e *Body Pro-Lok™* (CIVCO, Medical Solutions, Kalona, IW). 2 pacientes foram imobilizados com apoio de tórax por indisponibilidade de colchões de vácuo. Todos os outros foram imobilizados recorrendo ao colchão de vácuo. 2 dos pacientes utilizaram o *Body Pro-Lok™* por apresentarem lesões com grande mobilidade, uma localizada no lobo inferior do pulmão e outra no fígado.

Com o apoio de tórax os pacientes são posicionados em decúbito dorsal com o apoio popliteu para maior conforto. Ambos os braços são elevados e apoiados sobre o apoio. Tatuagens para alinhamento são realizadas, três na linha média e duas a nível lateral (corte "0" e tronco). Com o colchão de vácuo o paciente é posicionado em decúbito dorsal sobre o colchão de vácuo e ambos os membros superiores são erguidos usando de igual modo o apoio de tórax. O colchão de vácuo está cheio de pequenas esferas de *styrofoam*, e o ar no interior é evacuado através de uma bomba de vácuo, para que o colchão se molde à superfície corporal posterior do paciente. São tatuadas referências na pele do paciente e desenhadas no colchão de vácuo (três na linha média e três laterais- corte "0", uma superior, a nível da axila, uma inferior, a nível do tronco) para localizar o corpo do paciente repetidamente na mesma posição. O *Body Pro-Lok™* é constituído por uma base que vai permitir fixar um compressor abdominal. O compressor abdominal é constituído por uma placa de compressão que apresenta um parafuso que ao ser accionado permite baixar a placa de compressão e determinar o nível de compressão. Após a realização do colchão de vácuo, o compressor é localizado e procede-se à determinação do nível de compressão fazendo baixar a placas de compressão. O nível de compressão aplicado foi o máximo tolerado pelos pacientes. O compressor abdominal foi colocado aproximadamente 3-4 cm abaixo da grelha costal e abaixo do apêndice xifóide. O *Body Pro-Lok™* é utilizado em conjunto com o apoio de tórax e colchão de vácuo. Referências na linha média (três) e laterais (corte "0", uma superior e uma inferior) são tatuadas e correspondem a referências desenhadas no colchão de vácuo.

### **Verificação do movimento do tumor:**

O movimento do volume alvo foi avaliado antes do tratamento para todos os pacientes. O movimento do alvo foi avaliado usando uma 4DCT. A TC de planeamento foi realizada numa TC *LightSpeed QXi 4- slice* (GE Medical Systems, Waukesha, WI). A respiração do paciente foi monitorizada usando um marcador externo (*Real- Time Position Management*, Varian Medical Systems, Palo Alto, CA). Um pequeno bloco com marcadores reflectores colocado no tórax/ abdómen do paciente, ou seja, colocado no local com maior amplitude respiratória, e uma câmara de infravermelhos montada na mesa da TC grava o movimento do bloco. O sistema *Real- Time Position Management* (RPM) adquire a posição do bloco para continuamente medir o ciclo respiratório ao longo da aquisição do scan, e transforma o ciclo num gráfico com uma curva sinusoidal. A curva sinusoidal do ciclo respiratório é usada para correlacionar retrospectivamente as imagens da TC com a fase do ciclo respiratório. O movimento do tumor é verificado durante a realização da TC, contudo os pacientes realizaram tratamento em respiração livre.

### **Planeamento do tratamento:**

Campos de tratamento coplanares e não coplanares de 6MV foram usados para realizar o tratamento. Para pacientes que realizaram três ou quatro fracções, os cursos de tratamento foram tipicamente de 8- 13 dias (tratamento duas vezes por semana). Para pacientes que realizaram 8 fracções de tratamento, os tratamento realizaram-se ao longo de 23- 25 dias. O fraccionamento de dose para cada paciente foi baseado na localização do tumor e tolerâncias dos órgãos de risco de acordo com anteriores estudos sobre SBRT. Contudo, doses de 12 Gy em 4 fracções, totalizando 48 Gy e dose de 7.5 Gy em 8 fracções totalizando 60 Gy foram utilizadas.

### **Sistema de verificação de imagem:**

A realização do tratamento e aquisição de imagens foi feita num acelerador linear com capacidade de aquisição de imagem de kilovoltagem (KV) (Acelerador linear *DHX*, com equipamento *On Board Imager- OBI*, Varian Medical Systems, Palo Alto, CA). Em resumo, o OBI é composto por um tubo de Raios X e um detector de silício amorfo montado directamente na gantry do acelerador linear. Todos os CBCT

foram adquiridos usando uma rotação completa de 360° com um tempo de aquisição de aproximadamente 60 segundos.

#### **Localização do alvo *online* e *match* ósseo retrospectivo:**

A localização do alvo é feita inicialmente através do sistema de imagem guiada online (*On- Board Imager application*, versão 1.4, Varian Medical Systems). O volume alvo do CBCT adquirido diariamente foi comparado automaticamente com o volume tumoral da TC de planeamento e o *match* foi aprovado pelo Médico Radioterapeuta. O resultado deste *match* é definido como erro de posicionamento do tumor, e é considerado um erro interfracção. Mesmo que as imagens adquiridas se situassem dentro do limite de acção (3mm), todos os desvios observados foram realizados de forma automática. Os desvios em termos de rotação não foram considerados.

Apenas foram introduzidos no estudo os primeiros CBCT. Os intermédios realizados por possível alteração da posição do paciente devido por exemplo, a tosse, não foram considerados. Retrospectivamente, foi realizado o *match* entre o CBCT de verificação e a TC de planeamento usando a anatomia óssea (coluna vertebral) para todas as fracções de tratamento. Os desvios da anatomia óssea foram definidos como erro de posicionamento do paciente.

#### **Verificação dos erros intrafracção:**

No final do tratamento, após a realização de todos os campos de tratamento, foram realizados CBCT para todos os pacientes. Logo após a realização do CBCT pós- tratamento as imagens foram avaliadas através da realização de um *match online* tendo como referência o tumor para avaliar os desvios ocorridos durante o tratamento. As mesmas imagens foram também avaliadas através de um *match offline* para verificação dos desvios a nível da estrutura óssea.

#### **Verificação dos tempos de tratamento:**

De forma a determinar se o tempo de tratamento influencia os desvios na posição do tumor ou do paciente, foram contabilizados todos os tempos de tratamento para todos os pacientes em estudo.

**Estatística:**

Para se obter os erros de posicionamento inter e intrafração através do CBCT de verificação (pré- tratamento) e CBCT final (pós- tratamento), os desvios da mesa requeridos para reposicionar o alvo no isocentro foram recolhidos para todas as fracções de tratamento.

O movimento do tumor/ paciente interfracção e o movimento do tumor/ paciente intrafracção a 3D foi calculado com a fórmula  $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ , onde x, y, z representam a direcção lateral, direcção craneo- caudal e direcção antero- posterior, para cada paciente e para cada acessório de posicionamento/ imobilização<sup>37</sup>.



## 4. Resultados

### Características do paciente e tumor:

Dos 9 pacientes, 3 foram tratados a metástases pulmonares, 5 foram tratados a tumores primários do pulmão e 1 foi tratado a metástases hepáticas. Dos pacientes que irradiaram metástases pulmonares, dois deles apresentavam duas localizações distintas que foram irradiadas. Desta forma foram avaliadas 11 lesões com imagens volumétricas de verificação. 6 pacientes eram do sexo masculino e 3 do sexo feminino. A distribuição da localização do tumor era: quatro lobos superiores esquerdos, quatro lobos inferiores direitos, dois lobos inferiores direitos, para os casos de irradiação pulmonar. Características dos pacientes tais como género, tipo de lesão e parâmetros gerais do tratamento como fraccionamento, imobilização, campos de tratamento são mostrados na tabela 1.

Tabela 4.1:

Características dos pacientes

	Género	Tipo de lesão	Fraccionamento	Imobilização	Campos de tratamento
Paciente 1	F	Metástase pulmonar	8 fracções- 7.5 Gy	Apoio pulmão	10 campos: 9 coplanares + 1 não coplanar
Paciente 2a	M	Metástase pulmonar	4 fracções- 12 Gy	Apoio pulmão	9 campos: 4 coplanares + 5 não coplanares
Paciente 2b	M	Metástase pulmonar	4 fracções- 12 Gy	Apoio pulmão	9 campos: 3 coplanares + 6 não coplanares
Paciente 3	M	Lesão 1ª pulmonar	4 fracções- 12 Gy	Colchão vácuo	10 campos: 4 coplanares + 6 não coplanares
Paciente 4a	M	Metástase pulmonar	8 fracções- 7.5 Gy	Colchão vácuo	8 campos: 3 coplanares + 5 não coplanares
Paciente 4b	M	Metástase pulmonar	4 fracções- 12 Gy	Colchão vácuo	8 campos: 3 coplanares + 5 não coplanares
Paciente 5	F	Lesão 1ª pulmonar	4 fracções- 12 Gy	Colchão vácuo	8 campos: 3 coplanares + 5 não coplanares
Paciente 6	M	Lesão 1ª pulmonar	4 fracções- 12 Gy	Colchão vácuo	9 campos: 3 coplanares + 6 não coplanares
Paciente 7	M	Lesão 1ª pulmonar	8 fracções- 7.5 Gy	Colchão vácuo	8 campos: 4 coplanares + 4 não coplanares
Paciente 8	M	Lesão 1ª pulmonar	4 fracções- 7.5 Gy	<i>Body Pro- Lok™</i>	9 campos: 4 coplanares + 5 não coplanares
Paciente 9	F	Metástase hepática	3 fracções- 7.5 Gy	<i>Body Pro- Lok™</i>	6 campos: 2 coplanares + 4 não coplanares

F- feminino / M- masculino

## Desvios diários dos pacientes:

Tabela 4.2:

Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós- tratamento para o paciente 1 (em mm)

<b>Tratamento 1</b>		<b>CBCT Pré- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 1.0	z= 3.0	
Desvio do paciente	x= 1.0	y= 1.0	z= 1.0	
<b>Tratamento 1</b>		<b>CBCT Pós- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 2.0	y= 2.0	z= 1.0	
Desvio do paciente	x= 0	y= 3.0	z= 0	
<b>Tratamento 5</b>		<b>CBCT Pré- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 0	y= 1.0	z= 1.0	
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 1.0	z= 1.0	
<b>Tratamento 5</b>		<b>CBCT Pós- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 5.0	z= 3.0	
Desvio do paciente	x= 1.0	y= 4.0	z= 4.0	
<b>Tratamento 6</b>		<b>CBCT Pré- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 0	y= 1.0	z= 1.0	
Desvio do paciente	x= 1.0	y= 4.0	z= 2.0	
<b>Tratamento 6</b>		<b>CBCT Pós- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 0	y= 2.0	z= 2.0	
Desvio do paciente	x= 3.0	y= 4.0	z= 4.0	
<b>Tratamento 7</b>		<b>CBCT Pré- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 0	y= 1.0	z= 4.0	
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 4.0	z= 4.0	
<b>Tratamento 7</b>		<b>CBCT Pós- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 0	y= 0	z= 0	
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 5.0	z= 2.0	
<b>Tratamento 8</b>		<b>CBCT Pré- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 2.0	y= 8.0	z= 2.0	
Desvio do paciente	x= 0	y= 4.0	z= 5.0	
<b>Tratamento 8</b>		<b>CBCT Pós- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 0	y= 0	z= 4.0	
Desvio do paciente	x= 0	y= 0	z= 4.0	

Tabela 4.3:

Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós tratamento para o paciente 2a (em mm)

<b>Tratamento 3</b> CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 3.0	y= 1.0	z= 2.0
Desvio do paciente	x= 3.0	y= 0	z= 2.0
<b>Tratamento 3</b> CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 2.0	y= 3.0	z= 0
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 3.0	z= 2.0
<b>Tratamento 4</b> CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 0	y= 0	z= 3.0
Desvio do paciente	x= 3.0	y= 8.0	z= 1.0
<b>Tratamento 4</b> CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 0	y= 2.0	z= 0
Desvio do paciente	x= 0	y= 0	z= 3.0

Tabela 4.4:

Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós tratamento para o paciente 2b (em mm)

<b>Tratamento 3</b> CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 8.0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 3.0	y= 10	z= 2.0
<b>Tratamento 3</b> CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 0	y= 0	z= 4.0
<b>Tratamento 4</b> CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 3.0	y= 10	z= 6.0
Desvio do paciente	x= 5.0	y= 10	z= 1.0
<b>Tratamento 4</b> CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 2.0	y= 1.0	z= 3.0
Desvio do paciente	x= 3.0	y= 1.0	z= 3.0

Tabela 4.5:

Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós tratamento para o paciente 3 (em mm)

<b>Tratamento 1</b>		<b>CBCT Pré- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 6.0	y= 2.0	z= 1.0	
Desvio do paciente	x= 7.0	y= 3.0	z= 0	
<b>Tratamento 1</b>		<b>CBCT Pós- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 0	y= 1.0	z= 1.0	
Desvio do paciente	x= 0	y= 1.0	z= 1.0	
<b>Tratamento 2</b>		<b>CBCT Pré- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 2.0	y= 2.0	z= 6.0	
Desvio do paciente	x= 0	y= 0	z= 4.0	
<b>Tratamento 2</b>		<b>CBCT Pós- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 2.0	y= 3.0	z= 0	
Desvio do paciente	x= 0	y= 5.0	z= 2.0	
<b>Tratamento 3</b>		<b>CBCT Pré- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 3.0	z= 6.0	
Desvio do paciente	x= 1.0	y= 0	z= 4.0	
<b>Tratamento 3</b>		<b>CBCT Pós- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 0	y= 2.0	z= 1.0	
Desvio do paciente	x= 0	y= 2.0	z= 1.0	
<b>Tratamento 4</b>		<b>CBCT Pré- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 2.0	z= 4.0	
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 0	z= 2.0	
<b>Tratamento 4</b>		<b>CBCT Pós- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 2.0	z= 0	
Desvio do paciente	x= 0	y= 3.0	z= 1.0	

Tabela 4.6:

Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós tratamento para o paciente 4a (em mm)

<b>Tratamento 1</b>			
<b>CBCT Pré- tratamento</b>			
Desvio do tumor	x= 2.0	y= 6.0	z= 5.0
Desvio do paciente	x= 4.0	y= 5.0	z= 2.0
<b>Tratamento 1</b>			
<b>CBCT Pós- tratamento</b>			
Desvio do tumor	x= 4.0	y= 2.0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 4.0	y= 5.0	z= 2.0
<b>Tratamento 2</b>			
<b>CBCT Pré- tratamento</b>			
Desvio do tumor	x= 5.0	y= 0	z= 0
Desvio do paciente	x= 6.0	y= 1.0	z= 1.0
<b>Tratamento 2</b>			
<b>CBCT Pós- tratamento</b>			
Desvio do tumor	x= 3.0	y= 2.0	z= 3.0
Desvio do paciente	x= 4.0	y= 6.0	z= 3.0
<b>Tratamento 3</b>			
<b>CBCT Pré- tratamento</b>			
Desvio do tumor	x= 3.0	y= 4.0	z= 3.0
Desvio do paciente	x= 3.0	y= 1.0	z= 1.0
<b>Tratamento 3</b>			
<b>CBCT Pós- tratamento</b>			
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 3.0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= .0	y= 3.0	z= 1.0
<b>Tratamento 4</b>			
<b>CBCT Pré- tratamento</b>			
Desvio do tumor	x= 2.0	y= 1.0	z= 2.0
Desvio do paciente	x= 0	y= 4.0	z= 2.0
<b>Tratamento 4</b>			
<b>CBCT Pós- tratamento</b>			
Desvio do tumor	x= 0	y= 3.0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 0	y= 5.0	z= 0
<b>Tratamento 5</b>			
<b>CBCT Pré- tratamento</b>			
Desvio do tumor	x= 0	y= 3.0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 0	y= 5.0	z= 1.0
<b>Tratamento 5</b>			
<b>CBCT Pós- tratamento</b>			
Desvio do tumor	x= 0	y= 5.0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 0	y= 5.0	z= 1.0

<b>Tratamento 6</b> CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 2.0	y= 2.0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 5.0	z= 1.0
<b>Tratamento 6</b> CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 4.0	z= 5.0
Desvio do paciente	x= 0	y= 1.0	z= 1.0
<b>Tratamento 7</b> CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 0	y= 2.0	z= 3.0
Desvio do paciente	x= 0	y= 5.0	z= 2.0
<b>Tratamento 7</b> CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 0	z= 3.0
Desvio do paciente	x= 1.0	y= 0	z= 3.0
<b>Tratamento 8</b> CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 3.0	y= 1.0	z= 3.0
Desvio do paciente	x= 4.0	y= 0	z= 1.0
<b>Tratamento 8</b> CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 2.0	y= 2.0	z= 2.0
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 2.0	z= 2.0

Tabela 4.7:

Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós tratamento para o paciente 4b (em mm)

<b>Tratamento 3</b> CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 5.0	y= 7.0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 5.0	y= 6.0	z= 1.0
<b>Tratamento 3</b> CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 0	y= 0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 1.0	z= 4.0
<b>Tratamento 4</b> CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 3.0	y= 9.0	z= 4.0
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 10	z= 5.0
<b>Tratamento 4</b> CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 0	y= 0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 0	y= 0	z= 1.0

Tabela 4.8:

Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós tratamento para o paciente 5 (em mm)

<b>Tratamento 1</b> CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 2.0	y= 2.0	z= 0
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 2.0	z= 0
<b>Tratamento 1</b> CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 2.0	y= 3.0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 3.0	z= 1.0
<b>Tratamento 2</b> CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 0	y= 1.0	z= 3.0
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 1.0	z= 2.0
<b>Tratamento 2</b> CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 0	y= 0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 0	z= 0
<b>Tratamento 3</b> CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 3.0	y= 1.0	z= 2.0
Desvio do paciente	x= 0	y= 0	z= 4.0
<b>Tratamento 3</b> CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 0	y= 0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 0	y= 0	z= 1.0
<b>Tratamento 4</b> CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 1.0	z= 3.0
Desvio do paciente	x= 3.0	y= 0	z= 5.0
<b>Tratamento 4</b> CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 0	z= 0
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 0	z= 1.0

Tabela 4.9:

Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós tratamento para o paciente 6 (em mm)

<b>Tratamento 1</b>		<b>CBCT Pré- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 1.0	z= 4.0	
Desvio do paciente	x= 3.0	y= 0	z= 3.0	
<b>Tratamento 1</b>		<b>CBCT Pós- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 0	z= 1.0	
Desvio do paciente	x= 1.0	y= 0	z= 1.0	
<b>Tratamento 3</b>		<b>CBCT Pré- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 4.0	z= 1.0	
Desvio do paciente	x= 1.0	y= 4.0	z= 2.0	
<b>Tratamento 3</b>		<b>CBCT Pós- tratamento</b>		
Desvio do tumor	x= 0	y= 0	z= 1.0	
Desvio do paciente	x= 0	y= 0	z= 1.0	

Tabela 4.10:

Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós tratamento para o paciente 7 (em mm)

<b>Tratamento 1</b> CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 4.0	y= 2.0	z= 0
Desvio do paciente	x= 3.0	y= 2.0	z= 1.0
<b>Tratamento 1</b> CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 0	y= 0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 0	y= 0	z= 1.0
<b>Tratamento 3</b> CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 1.0	z= 0
Desvio do paciente	x= 1.0	y= 0	z= 2.0
<b>Tratamento 3</b> CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 1.0	z= 2.0
Desvio do paciente	x= 1.0	y= 1.0	z= 2.0
<b>Tratamento 4</b> CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 2.0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 1.0	z= 4.0
<b>Tratamento 4</b> CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 0	y= 1.0	z= 2.0
Desvio do paciente	x= 1.0	y= 0	z= 0
<b>Tratamento 8</b> CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 2.0	y= 1.0	z= 3.0
Desvio do paciente	x= 0	y= 0	z= 0
<b>Tratamento 8</b> CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 2.0	y= 0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 0	y= 0	z= 0

Tabela 4.11:

Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós tratamento para o paciente 8 (em mm)

<b>Tratamento 1</b>			
CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 3.0	y= 1.0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 3.0	y= 1.0	z= 1.0
<b>Tratamento 1</b>			
CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 2.0	y= 1.0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 1.0	z= 1.0
<b>Tratamento 2</b>			
CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 6.0	y= 2.0	z= 5.0
Desvio do paciente	x= 4.0	y= 2.0	z= 6.0
<b>Tratamento 2</b>			
CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 0	y= 1.0	z= 2.0
Desvio do paciente	x= 1.0	y= 1.0	z= 2.0
<b>Tratamento 3</b>			
CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 6.0	y= 2.0	z= 0
Desvio do paciente	x= 6.0	y= 2.0	z= 0
<b>Tratamento 3</b>			
CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 2.0	y= 0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 0	z= 1.0
<b>Tratamento 4</b>			
CBCT Pré- tratamento			
Desvio do tumor	x= 4.0	y= 6.0	z= 7.0
Desvio do paciente	x= 4.0	y= 6.0	z= 7.0
<b>Tratamento 4</b>			
CBCT Pós- tratamento			
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 1.0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 1.0	y= 1.0	z= 1.0

Tabela 4.12:

Erro de posicionamento do tumor e paciente nos CBCT pré e pós tratamento para o paciente 9 (em mm)

<b>Tratamento 1</b>			
<b>CBCT Pré- tratamento</b>			
Desvio do tumor	x= 0	y= 1.0	z= 3.0
Desvio do paciente	x= 1.0	y= 0	z= 3.0
<b>Tratamento 1</b>			
<b>CBCT Pós- tratamento</b>			
Desvio do tumor	x= 2.0	y= 2.0	z= 2.0
Desvio do paciente	x= 1.0	y= 2.0	z= 1.0
<b>Tratamento 2</b>			
<b>CBCT Pré- tratamento</b>			
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 2.0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 5.0	z= 6.0
<b>Tratamento 2</b>			
<b>CBCT Pós- tratamento</b>			
Desvio do tumor	x= 2.0	y= 3.0	z= 2.0
Desvio do paciente	x= 2.0	y= 3.0	z= 0
<b>Tratamento 3</b>			
<b>CBCT Pré- tratamento</b>			
Desvio do tumor	x= 1.0	y= 1.0	z= 2.0
Desvio do paciente	x= 1.0	y= 0	z= 4.0
<b>Tratamento 3</b>			
<b>CBCT Pós- tratamento</b>			
Desvio do tumor	x= 0	y= 2.0	z= 1.0
Desvio do paciente	x= 0	y= 2.0	z= 1.0

### Desvios diários dos pacientes a 3D:

Os 9 pacientes foram tratados a um total de 11 lesões e para todas elas foram adquiridos CBCT pré e pós- tratamento, totalizando 80 CBCT a serem analisados. As tabelas 2, 3, 4, 5 mostram o desvio a 3D para todos os pacientes, para os CBCT pré e pós- tratamento.

Tabela 4.13:

CBCT pré- tratamento- Erro de posicionamento do tumor a 3D (em mm)

Fracções	1	2	3	4	5	6	7	8
Paciente 1	3.0				1.0	1.0	4.0	8.0
Paciente 2a			4.0	3.0				
Paciente 2b			8.0	12				
Paciente 3	6.0	6.0	7.0	5.0				
Paciente 4a	8.0	5.0	6.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.0
Paciente 4b			9.0	10				
Paciente 5	3.0	3.0	4.0	3.0				
Paciente 6	4.0		4.0					
Paciente 7	4.0		1.0	2.0				4.0
Paciente 8	3.0	8.0	6.0	10				
Paciente 9	3.0	2.0	2.0					

Tabela 4.14:

CBCT pré- tratamento- Erro de posicionamento do paciente a 3D (em mm)

Fracções	1	2	3	4	5	6	7	8
Paciente 1	2.0				2.0	5.0	6.0	6.0
Paciente 2a			4.0	9.0				
Paciente 2b			11	13				
Paciente 3	8.0	4.0	4.0	3.0				
Paciente 4a	7.0	6.0	3.0	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0
Paciente 4b			8.0	11				
Paciente 5	3.0	3.0	4.0	6.0				
Paciente 6	4.0		4.0					
Paciente 7	4.0		2.0	5.0				0
Paciente 8	3.0	7.0	6.0	10				
Paciente 9	3.0	8.0	4.0					

Tabela 4.15:

CBCT pós- tratamento- Erro de posicionamento do tumor a 3D (em mm)

Fracções	1	2	3	4	5	6	7	8
Paciente 1	3.0				6.0	3.0	0	4.0
Paciente 2a			4.0	2.0				
Paciente 2b			1.0	4.0				
Paciente 3	1.0	4.0	2.0	2.0				
Paciente 4a	5.0	5.0	3.0	3.0	5.0	4.0	3.0	3.0
Paciente 4b			1.0	1.0				
Paciente 5	4.0	1.0	1.0	1.0				
Paciente 6	1.0		1.0					
Paciente 7	1.0		2.0	2.0				2.0
Paciente 8	2.0	2.0	2.0	2.0				
Paciente 9	3.0	4.0	2.0					

Tabela 4.16:

CBCT pós- tratamento- Erro de posicionamento do paciente a 3D (em mm)

Fracções	1	2	3	4	5	6	7	8
Paciente 1	3.0				6.0	6.0	6.0	4.0
Paciente 2a			4.0	3.0				
Paciente 2b			4.0	4.0				
Paciente 3	1.0	5.0	2.0	3.0				
Paciente 4a	7.0	8.0	3.0	5.0	5.0	6.0	3.0	3.0
Paciente 4b			5.0	1.0				
Paciente 5	4.0	2.0	1.0	2.0				
Paciente 6	1.0		1.0					
Paciente 7	1.0		2.0	1.0				2.0
Paciente 8	2.0	2.0	2.0	2.0				
Paciente 9	2.0	4.0	2.0					

■ Tratamentos sem recolha de dados

### Movimento interfracção do tumor:

2 pacientes com três localizações a tratar foram imobilizados com o apoio de tórax, 5 pacientes, com 6 localizações, foram imobilizados com colchão de vácuo e outros 2 pacientes foram imobilizados com o *Body Pro- Lok™*. A média do movimento interfracção para os pacientes imobilizados com o apoio de pulmão foi de 1.6 mm (0-4 mm) na direcção lateral, 3.3 mm (0-10 mm) na direcção craneo- caudal e 2.4 mm (0-6 mm) na direcção antero- posterior. A média do movimento interfracção para os

pacientes imobilizados com o colchão de vácuo foi 2.1 mm (0-6 mm) na direcção lateral, 2.5 mm (0-9 mm) na direcção craneo- caudal e 2.4 mm (0-6 mm) na direcção antero- posterior. A média do movimento interfracção para os pacientes imobilizados com o *Body Pro- Lok*<sup>TM</sup> foi 2.6 mm (0-6 mm) na direcção lateral, 2.1 mm (0-6 mm) na direcção craneo- caudal e 2.7 mm (0-7 mm) na direcção antero- posterior. Os movimentos interfracção do tumor a 3D para os diferentes sistemas de imobilização são apresentados na tabela 6.

Tabela 4.17: Movimento interfracção a 3D:

Sistema de imobilização	Movimento interfracção a 3D
Apoio de pulmão	4.3 mm
Colchão de vácuo	4.6 mm
<i>Body Pro- Lok</i> <sup>TM</sup>	4.8 mm

#### **Movimento intrafracção do tumor:**

A média do movimento intrafracção para os pacientes imobilizados com o apoio de pulmão foi de 0.08 mm (0-2 mm) na direcção lateral, 1.7 mm (0-5 mm) na direcção craneo- caudal e 1.6 mm (0-4 mm) na direcção antero- posterior. A média do movimento intrafracção para os pacientes imobilizados com o colchão de vácuo foi 1 mm (0-4 mm) na direcção lateral, 1.3 mm (0-5 mm) na direcção craneo- caudal e 1.4 mm (0-2 mm) na direcção antero- posterior. A média do movimento intrafracção para os pacientes imobilizados com o *Body Pro- Lok*<sup>TM</sup> foi 1.3 mm (0-2 mm) na direcção lateral, 1.4 mm (0-3 mm) na direcção craneo- caudal e 1.4 mm (0-2 mm) na direcção antero- posterior. Os movimentos interfracção do tumor a 3D para os diferentes sistemas de imobilização são apresentados na tabela 7.

Tabela 4.18: Movimento intrafracção a 3D:

Sistema de imobilização	Movimento intrafracção a 3D
Apoio de pulmão	3.0 mm
Colchão de vácuo	2.4 mm
<i>Body Pro- Lok</i> <sup>TM</sup>	2.4 mm

### **Match pela anatomia óssea:**

Os mesmos CBCT foram analisados usando a anatomia óssea (coluna vertebral, resultando em desvios de mesa que foram reunidos retrospectivamente. As diferenças entre o *match* para o tumor e anatomia óssea de acordo com o sistema de imobilização são mostradas nas tabelas 8, 9, 10 e 11.

Tabela 4.19: Diferenças entre tumor e anatomia óssea- Erro interfracção (em mm):

	Coluna			Tumor		
	x	y	z	x	y	z
Apoio de pulmão	2.2	4.6	2.1	1.6	3.3	2.4
Colchão de vácuo	2.2	2.3	2.1	2.1	2.5	2.4
<i>Body Pro- Lok™</i>	3.0	2.3	3.9	2.6	2.1	2.7

Tabela 4.20: Diferenças entre tumor e anatomia óssea- Erro intrafracção (em mm):

	Coluna			Tumor		
	x	y	z	x	y	z
Apoio de pulmão	1.2	2.2	2.9	0.8	1.7	1.6
Colchão de vácuo	1.1	1.9	1.5	1.0	1.3	1.3
<i>Body Pro- Lok™</i>	1.3	1.4	1.0	1.3	1.4	1.4

Tabela 4.21: Diferenças entre tumor e anatomia óssea- Erro interfracção a 3D (em mm):

Sistema de imobilização	Movimento 3D- tumor	Movimento 3D- coluna
Apoio de tórax	4.3 mm	6.4 mm
Colchão de vácuo	4.6 mm	4.7 mm
<i>Body Pro- Lok™</i>	4.8 mm	4.7 mm

Tabela 4.22: Diferenças entre tumor e anatomia óssea- Erro intrafracção a 3D (em mm):

Sistema de imobilização	Movimento 3D- tumor	Movimento 3D- coluna
Apoio de tórax	3.0 mm	4.4 mm
Colchão de vácuo	2.4 mm	3.1 mm
<i>Body Pro- Lok™</i>	2.4 mm	2.3 mm

### Tempos de tratamento:

A tabela 23 mostra os tempos dispendidos para cada um dos 40 tratamentos realizados.

Tabela 4.23:

Tempos de tratamento (em minutos.segundos)

	Fracção 1	Fracção 2	Fracção 3	Fracção4	Fracção 5	Fracção 6	Fracção 7	Fracção8
Paciente 1	26.04				24.24	28.40	23.22	23.44
Paciente 2a			35.38	35.40				
Paciente 2b			28.42	28.17				
Paciente 3	24.13	21.33	21.20	24.31				
Paciente 4a	21.58	17.46	18.19	17.25	17.30	18.09	21.22	18.45
Paciente 4b			44.24	38.27				
Paciente 5	23.07	21.09	24.46	21.13				
Paciente 6	24.03		22.49					
Paciente 7	20.22		20.34	24.11				20.20
Paciente 8	22.15	20.47	24.04	18.27				
Paciente 9	33.52	25.00	20.04					

Tratamentos sem recolha de dados

## 5. Análise dos resultados

As duas últimas décadas incluíram uma grande aplicação de novas técnicas de Radioterapia no tratamento do cancro do pulmão. A importância da localização do alvo na Radioterapia estereotáxica extracraniana não pode ser esquecido, devido às elevadas doses realizadas num número limitado de fracções de tratamento. Os erros de setup para as irradiações do pulmão são geralmente maiores que os erros de setup para tratamentos de próstata e cabeça e pescoço, por exemplo. Isto é principalmente causado pela falta de estruturas rígidas tal como o crânio ou ossos da bacia, que podem imobilizar o paciente e o movimento respiratório. Como tal, o maior objectivo da SBRT tem sido desenvolver sistemas de imobilização e sistemas de imagem guiada adequados para a localização do alvo e sua imobilização. Dai a necessidade de avaliar a eficácia dos três sistemas de imobilização disponíveis para o posicionamento destes pacientes, e decidir qual o mais adequado.

Para todos os pacientes foi realizado um CBCT pré-tratamento para avaliar a posição do alvo a irradiar relativamente à sua posição na TC de planeamento. Independentemente do sistema de imobilização utilizado os desvios observados entre a posição pretendida (TC de planeamento) e a posição obtida no CBCT foram semelhantes, com excepção do apoio de tórax que apresenta desvios relativamente maiores em termos de erros intrafracção (3.0 mm) e maiores ainda quando se considera a estrutura óssea como referência para *match* (6.4 mm de erro interfracção e 4.4 mm de erros intrafracção). Se consideramos a utilização deste sistema de posicionamento para SBRT, apesar dos desvios obtidos antes do tratamento, estes podem ser facilmente corrigidos devido à realização do CBCT pré-tratamento. No entanto, se consideramos a sua utilização na Radioterapia conformacional a 3D, na qual não se realizam verificações em todas as fracções de tratamento estes desvios podem ser consideráveis. Contudo, se observamos os valores para o movimento global do tumor a 3D, nenhum dos sistemas de imobilização se destaca. Avaliando-se os dados, observa-se que o valor obtido para o movimento interfracção a 3D do tumor quando se utiliza o colchão de vácuo foi grandemente condicionado pelos desvios obtidos pelo paciente 4b. É muito importante identificar estes *outliers* já que apresentam um grande risco de falha do alvo. Consequentemente a imagem guiada por CBCT não só melhora a precisão como ajuda a prevenir tais erros de

posicionamento tão críticos<sup>38</sup>. Neste paciente, para a primeira fracção de tratamento o tempo total de tratamento foi de 44:24 minutos e para o segunda fracção de tratamento o tempo total de tratamento foi de 38:27 minutos. Embora estes valores sejam elevados constatou-se que, para a realização de todos os campos de tratamento, na primeira fracção apenas se despendeu de 10:38 minutos e no segundo de 10:31 minutos. Isto significa que o paciente se manteve 29:06 minutos na posição de tratamento antes de iniciar a primeira fracção de tratamento e 24:04 minutos na posição de tratamento antes de iniciar a segunda fracção de tratamento. Segundo Purdie *et al* quando maior o tempo de tratamento, maior o movimento global do tumor<sup>37</sup>. Este movimento global era de 2.2mm (1.2-4.7mm) quando CBCT era realizado até aos 34 minutos e 5.3 (3-11.4 mm) quando o intervalo excedida os 34 minutos. Isto significa que a imobilização do paciente não pode garantir que este não se move alguns milímetros após o seu posicionamento. Inclusive é aconselhado tratar os pacientes que realizam SBRT em 30 minutos (tempo total, CBCT de verificação e campos de tratamento) para evitar os movimentos intrafracção do tumor<sup>39</sup>. Como tal, é aconselhado repetir todo o processo de posicionamento / imobilização do paciente sempre que o tempo para a aquisição do CBCT seja prolongado por algum motivo (por exemplo: conflito no software) de modo a não se obter grandes desvios interfracção. Isto será ainda mais importante se estivermos perante um tratamento de Radioterapia conformacional a 3D que não seja sujeito a verificação prévia.

Durante a mesma fracção de tratamento o paciente lentamente desvia-se da sua posição inicial apesar da técnica de imobilização aplicada. A consequência dos desvios intrafracção depende bastante do tipo de tratamentos (por exemplo, número de fracções) e da ordem de magnitude desses desvios<sup>40</sup>. Dai a importância de avaliar qual dos três sistemas de posicionamento tem a capacidade de imobilizar mais eficazmente o paciente e reduzir os erros intrafracção. É reconhecido que a metodologia (usar CBCT pré e pós-tratamento) usada no estudo para medir o movimento intrafracção não captura o movimento do tumor induzido pela respiração em tempo real ou os desvios do paciente durante o tratamento. Em vez disso é uma medida do movimento do tumor dentro da mesma fracção que mede se existiu alguma alteração na posição do tumor no final do tratamento quando comparado com a posição do tumor antes do tratamento.

Analisando-se os dados obtidos observa-se que os desvios intrafracção são semelhantes para todos os sistemas de imobilização. No entanto ao analisarmos o movimento global do tumor a 3D observa-se que o apoio de tórax apresenta um desvio

global ligeiramente superior ao colchão de vácuo e ao *Body Pro-Lok*<sup>TM</sup>. A possível explicação para este facto é que em decúbito dorsal a superfície posterior do paciente está repousada e moldada á base do colchão de vácuo, permitindo por isso uma menor liberdade de movimento. No entanto, se mais uma vez considerarmos o paciente 4b um *outlier* por apresentar valores mais elevados que todos os outros para os movimentos interfracção e movimentos intrafracção, é possível obter um valor para o movimento global do tumor a 3D de 1.8 mm o que se torna significativo principalmente quando comparamos com o valor obtido para o apoio de tórax, tornando assim o colchão de vácuo um óptimo meio de imobilização para os pacientes que realizam SBRT. Comparando o tempo dispendido para o posicionamento dos pacientes com colchão de vácuo e apoio de tórax observa-se que são bastantes semelhantes, cerca de 2:09 minutos para o apoio de tórax e cerca de 2:37 minutos para o colchão de vácuo não constituindo o tempo de posicionamento um factor pouco atractivo para o uso do colchão de vácuo. A redução no movimento intrafracção para 1.8 mm com o colchão de vácuo em vez de 3.0 mm com o apoio de tórax justifica a sua utilização em SBRT já que nesta as margens usadas em redor do tumor para considerarem as variações no posicionamento de dia para dia são bastantes inferiores às utilizadas na Radioterapia conformacional a 3D. Por outro lado, quando mais precisa a localização do volume alvo menor o volume de tecido normal irradiado e menor a toxicidade. Contudo, na Radioterapia conformacional na qual as margens para criarem o PTV são bastantes maiores que na SBRT, a diminuição dos desvios intrafracção com o colchão de vácuo poderão não ser suficientes para justificar a sua utilização na Radioterapia convencional do pulmão. Por outro lado, o colchão de vácuo consiste num sistema de imobilização personalizado obrigando a instituição a gastar quantias avultadas na compra de colchões de vácuo para todos os pacientes que realizem irradiação torácica. Contudo, se tivermos em conta os desvios observados quando se realiza o *match* pela estrutura óssea (erro interfracção de 6.4 mm), esses valores já nos levam a reflectir se os pacientes não irão beneficiar se fossem todos posicionados com colchão de vácuo, já que na Radioterapia convencional o *match* apenas se faz pelas estruturas ósseas. Comparando os valores obtidos para o colchão de vácuo e o *Body Pro-Lok*<sup>TM</sup> estes não permitem avaliar qual poderá garantir menos movimentos intrafracção. Contudo é necessário referir que o *Body Pro-Lok*<sup>TM</sup> tem como principal objectivo diminuir o movimento do tumor, tanto que este foi utilizado para os tumores que segundo a literatura apresentam maior mobilidade, tumores no lobo inferior do pulmão e tumores no fígado. Um estudo recente usando TC a 4D

mostrou que para tumores do lobo inferior, a média do movimento no sentido lateral, antero-posterior e craneo-caudal é de 1.2, 1.6 e 14.7 mm, respectivamente<sup>41</sup>. Assim sendo, utilizando-se a compressão abdominal diminuiu-se o movimento respiratório a nível diafragmático diminuindo-se o movimento craneo-caudal do tumor nos tumores do lobo inferior do pulmão e fígado. Embora devido ao compressor abdominal o paciente aparentemente esteja mais imobilizado por apresentar fixação a nível abdominal isto não revela maior estabilidade a nível da posição do paciente.

É também importante referir que os resultados obtidos neste estudo são semelhantes aos obtidos por Han *et al* que referem que a média do movimento intrafracção para os pacientes imobilizados com a compressão abdominal era de 0.8 mm (0- 3.9 mm) na direcção lateral, 1.0 mm (0- 3.2 mm) na direcção antero- posterior e 1.2 mm (0- 4.6 mm) na direcção craneo- caudal<sup>21</sup>.

Como o principal objectivo deste estudo era avaliar o erro do posicionamento do paciente foi necessário avaliar também os desvios observados a nível da anatomia óssea (coluna vertebral) já que o erro de posicionamento do tumor (obtido por *match* do tumor) pode não corresponder ao erro de posicionamento do paciente porque devido às elevadas doses aplicadas em SBRT poderemos observar alterações a nível do tumor que poderão corresponder a desvios interfracção maiores que não indicam necessariamente erros no posicionamento do paciente. Underberg *et al* reportaram diminuições significativas nos volumes alvo à quarta semana de tratamento. Desvios significativos na posição do ITV, de mais de 5 mm, foram observados em 26- 43% dos pacientes em diferentes tempos durante a SBRT. Eles especularam que esses desvios de posição poderiam ser causados por alterações na mobilidade do tumor ou por alteração de posição do tumor devido, por exemplo, a edema ou retracções devido à reacção imediata do parênquima pulmonar<sup>41</sup>. Também é assumido que a principal causa de desvios na posição do tumor se deve a alterações nos padrões respiratórios dos pacientes durante o curso do tratamento<sup>41</sup>. Muitos pacientes com cancro do pulmão apresentam outras condições a nível pulmonar, em particular enfisema pulmonar. Tem sido assumido que a estrutura pulmonar frágil devido ao enfisema sofre retracção localizada após uma elevada dose de radiação, o que pode causar desvio do tumor<sup>41</sup>. Analisando-se os dados obtidos poderemos supor um facto semelhante na fracção 3 do paciente 3 já que o *match* pelo tumor mostrou um erro de posicionamento do tumor de 7 mm, mas que correspondia apenas a um erro de posicionamento do paciente de 4 mm. Isto revela que é de extrema importância realizar a verificação pré- tratamento de um tratamento de SBRT recorrendo a

imagens volumétricas a 3D já que se tivéssemos realizado a verificação através da anatomia óssea continuaríamos a ter um erro de posição do tumor de 3 mm o que pode ser considerado pouco aceitável num tratamento de extrema precisão como o de SBRT. O contrário, ou seja, maior erro de posicionamento do paciente do que erro de posicionamento do tumor é observado no paciente 2a, na última fracção (9 mm de erro de posicionamento do paciente e 3 mm de erro do posicionamento do tumor). Se realizássemos o *match* apenas pela anatomia óssea iríamos realizar um desvio relativamente maior do que o necessário pelo *match* utilizando o tumor como referência. Mais uma vez seria pouco aceitável para um tratamento de SBRT. Daí a necessidade de adicionar margens consideráveis para formar o PTV na Radioterapia conformacional a 3D já que as verificações muitas vezes são realizadas apenas pelas estruturas ósseas. Já que estas diferenças entre os erros de posicionamento do tumor e erros de posicionamento do paciente são principalmente observadas nas últimas fracções de tratamento, no caso de se possuir um acelerador com capacidade de aquisição de imagens volumétricas, poderá aconselhar-se a realizar as últimas verificações, nos pacientes que realizem 3D- CRT, com CBCT para verificação da relação da posição da estrutura óssea e do tumor.

É importante referir que a localização online do volume alvo foi realizada utilizando apenas três graus de liberdade nas imagens, não se considerando as possíveis rotações. Por um lado, porque o nosso sistema não tem capacidade de resolver as rotações de forma automática sem ser necessário reposicionar o paciente, por outro lado, as rotações são negligenciáveis quando se tratam alvos esféricos como na maioria dos tratamentos de SBRT. De qualquer forma todas as imagens de verificação foram avaliadas pelo Médico Radioterapeuta e na maioria dos casos a forma do alvo no CBCT de verificação era consistente com a forma do alvo da TC de planeamento.



## 6. Conclusão

Apesar do sistema de imobilização aplicado, o paciente desvia-se do seu posicionamento inicial vários milímetros durante a mesma fracção de tratamento. No entanto, para a Radioterapia estereotáxica extracraniana fraccionada aconselha-se o uso de, pelo menos, colchão de vácuo, que poderá ser acompanhado, sempre que se justifique, pelo *Body Pro- Lok™*. Os desvios observados são, em geral, pequenos se compararmos com outras fontes de erros (como por exemplo, erros interfracção, erros na delimitação, erros geométricos devido ao movimento interno dos órgãos). Os desvios são também pequenos, para a maioria dos pacientes, comparados com as margens para um tratamento convencional, que estão na ordem dos 5- 10 mm, mas que poderão contribuir significativamente para a margem num tratamento de elevada precisão quando os tempos de tratamento são longos. Nesses casos, realizar a correcção do setup do paciente e repetir as imagens de verificação vão reduzir o erro associado ao movimento do paciente. No caso da SBRT a verificação deverá ser realizada de acordo com a posição do tumor já que esta poderá não ser igual à posição da estrutura óssea.

Este estudo apresenta limitações que devem ser consideradas para uma correcta interpretação dos resultados. Em primeiro lugar, a inexistência de dados para algumas fracções em alguns pacientes poderão conduzir a interpretações erradas de alguns valores obtidos. Em segundo lugar, a validade do apoio de tórax para a imobilização dos pacientes a realizar 3D- CRT deverá ser estudada num grupo de pacientes maior antes de se concluir que todos deveriam ser imobilizados com colchão de vácuo, já que as características do tratamento (por exemplo, margens de segurança, tempos de tratamento) são bastantes distintas para as duas abordagens. Em terceiro lugar, o número de pacientes imobilizados com o *Body Pro- Lok™* também é reduzido podendo conduzir a uma incorrecta interpretação da sua validade na estabilização da posição do paciente.

## Referências bibliográficas

- <sup>1</sup> Ferlay J, Shin H, Bray F, Forman D, Mathers C, Parkin D, Cancer Incidence and Mortality Worldwide: IARC Cancer Base, *GLOBOCAN 2008*. 2010.
- <sup>2</sup> Perez CA. Principles and Practice of Radiation Oncology. 5. Ed. Philadelphia: Lippincot Williams & Wilkins; 2008.
- <sup>3</sup> Chang DT. Stereotactic body radiotherapy for colorectal liver metastases. A pooled analysis. *Cancer*. 2011.
- <sup>4</sup> Lagerwaard FJ. Outcomes of risk- adapted fractionated stereotactic radiotherapy for stage I non- small- cell lung cancer. *Int. J. Radiation Oncology Biol Phys* 2008 (70): 685- 692.
- <sup>5</sup> Timmermann R. Extracranial stereotactic radioablation: Results of a phase I study in medically inoperable stage I non- small- cell lung cancer. *Chest* 2003 (124): 1946- 1955.
- <sup>6</sup> Faria S. Absence of toxicity with hypofractionated 3- dimensional radiation therapy for inoperable, early stage non- small- cell lung cancer. *Radiotherapy and Oncology* 2006; 1.
- <sup>7</sup> McGarry R. Stereotactic body radiation therapy of early non- small- cell lung carcinoma: Phase I study. *Int. J. Radiation Oncology Biol Phys* 2005 (63): 1010- 1015.
- <sup>8</sup> Grills I. Image- guided radiotherapy via daily online cone- beam CT substantially reduces margin requirements for stereotactic lung radiotherapy. *Int. J. Radiation Oncology Biol Phys* 2008 (70): 1045- 1056.
- <sup>9</sup> Bradley JD. Elective nodal failures are uncommon in medically inoperable patients with stage I non- small cell lung carcinoma treated with limited radiotherapy fields. *Int. J. Radiation Oncology Biol Phys* 2003 (56): 342- 347.

<sup>10</sup> Williams TE. Counterpoint: Better radiation treatment of non- small- cell lung cancer using new techniques without elective nodal irradiation. *Seminars Radiation and Oncology* 2000; 10.

<sup>11</sup> Toloza E, Harpole L, McCroy D. Noninvasive staging of non- small cell lung cancer: E review of the current evidence. *Chest*. 2003 (123): 137S- 146S.

<sup>12</sup> Dwamena R. Metastases from non- small cell lung cancer: mediastinal treatment plan. *Int. J. Radiation Oncology Biol Phys* 1994 (30): 909- 919.

<sup>13</sup> SBPT. Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia. *Manual de Pneumologia. Consulta rápidas*. Porto Alegre: Ed dos Autores; 2002.

<sup>14</sup> Moreira JS. *Doenças pulmonares*. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2002.

<sup>15</sup> Zamboni M. Epidemiologia do cancro do pulmão. *J Pneumol* 2002 Fev; 28 (1): 343- 347.

<sup>16</sup> Carvalho HA. Radioterapia no cancro do pulmão. *J Pneumol* 2002 Nov Dez; 28 (6): 345- 350.

<sup>17</sup> IAEA. *Transition from 2-D Radiotherapy to 3- D Conformal and Intensity Modulated Radiotherapy*. 2008.

<sup>18</sup> International Commission Units and measurements. *International Commission on Radiation Units and Measurements: report 50: prescribing, recording, and reporting photon beam therapy*. International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU), Bethesda, MD, 1993.

<sup>19</sup> International Commission Units and measurements. *International Commission on Radiation Units and Measurements: report 62: prescribing, recording, and reporting*

photon beam therapy. International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU), Bethesda, MD, 1999.

<sup>20</sup> Levitt S, Prudy J, Perez C, Vijayakumar S. Technical basis of radiation therapy- practical clinical applications. Three dimensional treatment planning and conformal therapy. Springer; 2008.

<sup>21</sup> Han K, Cheung P, Basran P, Poon I, Yeung L, Lochray F. A comparison of two immobilization systems for stereotactic body radiation therapy of lung tumors. *Radiotherapy and Oncology* 2010 (95): 103- 108.

<sup>22</sup> Turrisi A, Glover D, Mason B. A preliminary report: concurrent twice- daily radiotherapy plus platinum- etoposide chemotherapy for limited small cell lung cancer. *Int. J. Radiation Oncology Biol Phys* 1988 (15): 183- 187.

<sup>23</sup> Jeremic B, Shibamoto Y, Acimovic L. Hyperfractionated radiotherapy alone for clinical I nonsmall cell lung cancer. *Int. J. Radiation Oncology Biol Phys* 1997 (38): 521- 525.

<sup>24</sup> Fakiris A, McCarty RC, Yiannoutsos CT. Stereotactic body radiation therapy for early- stage non- small- cell lung carcinoma: four year results of a prospective phase II study. *Int. J. Radiation Oncology Biol Phys* 2009 (75): 677- 682.

<sup>25</sup> Baumann P, Nyman J, Hoya M. Factors important for efficacy of stereotactic body radiotherapy of medically inoperable stage I lung cancer. A retrospective analysis of patients treated in the Nordic Countries. *Acta Oncol* 2006 (45): 787- 795.

<sup>26</sup> Fritz P, Kans, HJ, Blaschke T. Stereotactic, high single- dose irradiation of stage I non- small cell lung cancer (NSCLC) using four- dimensional CT scans for treatment planning. *Lung cancer* 2008 (60): 193- 199.

<sup>27</sup> Hof H, Muentner M, Octzer D. Stereotactic single- dose radiotherapy (radiosurgery) of early stage non- small- cell lung cancer (NSCLC). *Cancer* 2007 (110): 148- 155.

<sup>28</sup> Jin JY. Impact of fraction size on lung radiation toxicity: hypofractionation may be beneficial in dose escalation of radiotherapy for lung cancers. *Int. J. Radiation Oncology Biol Phys* 2010 (76): 782- 788.

<sup>29</sup> Weltens C. Interobserver variations in gross tumor volume delineation of brain tumors on computed tomography and impact of magnetic resonance imaging. *Radiotherapy and Oncology* 2001 (60): 49- 59.

<sup>30</sup> Hurkmans C, Remeijer P, Lebesque J, Mijnheer B. Set- up verification using portal imaging; review of current clinical practice. *Radiotherapy and Oncology* 2001 (58): 105- 120.

<sup>31</sup> Pisani L. Setup error in radiotherapy: online correction using electronic kilovoltage and megavoltage radiographs. *Int. J. Radiation Oncology Biol Phys* 2000 (47): 825- 839.

<sup>32</sup> Lee MT. Stereotactic body radiation therapy: rationale and clinical experience. *Int. J. Radiation Oncology Biol Phys* 2009 (27): 1585.

<sup>33</sup> Heizerling J. Four- dimensional computed tomography scan analysis of tumor and organ motion at varying levels of abdominal compression during stereotactic treatment of lung and liver. *Int. J. Radiation Oncology Biol Phys* 2008 (70): 1571- 1578.

<sup>35</sup> Dahele, M. Brade, A. Pearson, S. et al. Stereotactic radiation therapy for inoperable, early- stage non- small- cell lung cancer. *CMAJ* 2009 (180): 1326- 1328.

<sup>35</sup> Wulf J .Stereotactic radiotherapy of primary liver cancer and hepatic metastases. *Acta Oncologica* 2006 (45): 838- 847.

<sup>36</sup> Jhaveri P. Stereotactic body radiotherapy in the management of painful bone metastases. *Oncology* 2008 (22): 782-788.

<sup>37</sup> Purdie, TG. Cone- beam computed tomography for on- line image guidance of lung stereotactic radiotherapy: localization, verification, and intrafraction tumor position. *Int. J. Radiation Oncology Biol Phys* 2007 (68): 243- 252.

<sup>38</sup> Worm, ES. Inter and intrafractional localization errors in cone- beam CT guided stereotactic radiation therapy of tumors in the liver and lung. *Acta oncologica* 2010 (49): 1177- 1183.

<sup>39</sup> Bissonnette, JP. Quantifying interfraction and intrafraction tumor motion in lung stereotactic body radiotherapy using respiration- correlated cone beam computedo tomography. *Int. J. Radiation Oncology Biol Phys* 2009 (75): 688- 695.

<sup>40</sup> Hoogeman MS. Time dependence of intrafraction patient motion assessed by repeat stereocopic imaging. *Int. J. Radiation Oncology Biol Phys* 2008 (70): 609- 618.

<sup>41</sup> Ikushima, H. Daily alignment results of stereotactic body radiation therapy. *Int. J. Radiation Oncology Biol Phys* 2011 (79).