

Controlo da Qualidade Dosimétrico no Serviço de Radioterapia do Hospital Cuf Descobertas (HCD): Importância do Controlo da Qualidade do Sector da Física e Resultados da Auditoria ESTRO-EQUAL

Dosimetric Quality Control at the Radiotherapy Department from Hospital CUF-Descobertas (HCD): The Importance of Quality Control from the Physics' Sector and Results of the Auditorship ESTRO-EQUAL

K. Jacob^{1,2}, M. J. Rosa^{1,2}, P. Ferreira², S. Oliveira^{1,2}, M. Sousa^{1,2}, P. Fernandes^{1,2}, R. Parafita^{1,2}, N. Teixeira^{3,4}, M. Ramalho^{1,2}, R. Rodrigues¹

¹Serviço de Radioterapia, Hospital CUF Descobertas; ²Medical Consult – Consultoria e Formação em Tecnologias da Saúde, SA; ³ESTeSL – Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa; ⁴Faculdade de Ciências Médicas de Lisboa da Universidade Nova de Lisboa

Resumo

A calibração e o controlo da qualidade de um acelerador linear são passos muito importantes num serviço de Radioterapia, para garantir a qualidade dos tratamentos prestados. O sector da Física da Unidade de Radioterapia do Hospital Cuf Descobertas implementou um rigoroso Programa de controlo de qualidade ao equipamento produtor de radiação e aos equipamentos medidores de radiação, de acordo com o Dec-Lei 180/2002 e com os protocolos internacionais. Para tal, foram implementados procedimentos, criadas folhas de cálculo, instruções de trabalho e impressos. Foram ainda implementados testes aos equipamentos com periodicidade definida: controlo de qualidade diário e controlo de qualidade após intervenções (manutenções preventivas e correctivas).

No decorrer do ano de 2005, o sector da Física colaborou activamente com toda a equipa da Radioterapia na implementação da Norma ISO 9001:2000 no serviço, contribuindo com o seu *know how* na implementação desta, numa área tão importante como a da garantia da qualidade dos feixes de radiação e das respectivas calibrações em dose.

Numa procura de melhoria contínua da qualidade dos serviços prestados aos pacientes, decorre ainda uma auditoria externa da EQUAL-ESTRO¹, intercomparação postal com dosímetros termoluminescentes. A qualidade dos feixes de energias utilizados diariamente é analisada, tanto ao nível das calibrações absolutas de cada um dos feixes de fótons e de electrões, como ao nível dos cálculos de dose obtidos com o sistema de planimetria XiO da CMS. Os resultados das duas primeiras fases da intercomparação, relativa aos dois feixes de fótons de 6 MV e 15 MV e feixes de electrões de 4 MeV, 8 MeV e 12 MeV, foram considerados pela EQUAL-ESTRO num nível óptimo (desvio máximo na dose medida em relação à dose de referência $|d| \leq 3\%$).

Palavras-chave

Dosimetria, Controlo da Qualidade, Radioterapia, Intercomparação EQUAL-ESTRO.

Abstract

The calibration and the quality control of a linear accelerator are very important steps in a radiotherapy department, since they both guarantee the quality of patient treatment. In accordance with Dec-Law 180/2002 and with international protocols, the Physics' sector of the Radiotherapy unit/department from Hospital Cuf-Descobertas implemented a rigorous program of quality control to the equipment that produces radiation as well as, to the measuring equipment of radiation. For that purpose, worksheets and instructions of work had been created. Still, tests to the equipment with definite regularity had been implemented such as: daily quality control and, quality control after interventions (preventive and corrective maintenances).

In the year of 2005, in collaboration with the remainder Radiotherapy department the Norm ISO 9001:2000 was implemented. During this process the Physics' sector contributed with its know how, in a so important area as is the one of quality control of radiation beams and, respective dose calibration.

For the continuous improvement of the supplied services to the patients, an external auditorship of the EQUAL-ESTRO by postal intercomparison with thermoluminescent dosimeters, still elapses. The quality of the radiation beams that are daily used, are analysed in both fronts: absolute calibrations for all energies of photon and electron beams and, dose calculations with the treatment planning system XiO from CMS. The results of the two first phases of this intercomparison, two beams of photons of 6 MV and 15 MV and three beams of electrons of 4MeV, 8MeV and 12MeV, had been considered by the EQUAL-ESTRO in an excellent level (maximum deviation for the measured dose in relation to the dose of reference: $|d| \leq 3\%$).

Key-words

Dosimetry; Quality Control; Radiotherapy; Intercomparison EQUAL-ESTRO.

¹ESTRO-EQUAL: Quality Assurance Network for Radiotherapy (EQUAL), European Society for Therapeutic Radiology and Oncology (ESTRO).

1. Introdução

O tratamento de tumores com radiações ionizantes é um com diferentes etapas de verificação e finalmente a *follow up* com a avaliação dos resultados a curto e médio prazo. A qualidade de um tratamento de radioterapia está intimamente ligada a factores de natureza diferente: clínicos (localização do tumor, estratégia do protocolo de tratamento), dosimétricos ou físicos (determinação da dose administrada e respectiva incerteza, verificações e manutenção dos equipamentos que permitem garantir um feixe de radiação consistente) e finalmente ligados ao próprio tratamento (tolerâncias no posicionamento, verificações que garantam um tratamento preciso). Todos estes processos identificam claramente a importância da implementação de um programa de garantia da qualidade num serviço de radioterapia.

Neste trabalho são apresentados os resultados obtidos no controlo de qualidade do acelerador linear *Elekta Precise*, evidenciando a relevância do sector da Física na Garantia da Qualidade da Unidade de Radioterapia. Realça-se a colaboração do sector da Física na implementação da Norma ISO 9001:2000 e ainda, a intercomparação da EQUAL-ESTRO já realizada para as duas energias de fótons, 6 MV e 15 MV, bem como para três das energias de electrões.

2. Materiais e Métodos

Na unidade de Radioterapia do Hospital da CUF Descobertas, (HCD), encontra-se instalado um acelerador linear *Elekta Precise*, que produz feixes de fótons de duas energias (6 e 15 MV) e de electrões (4, 6, 8, 10, 12, 15 e 18 MeV). Este equipamento possui um colimador multi-lâminas (MLC) de 80 lâminas (com as quais se podem conformar os campos de tratamento ao volume a irradiar, protegendo os órgãos de risco), uma cunha motorizada de 60° (que permite modificar a fluência dos feixes de fótons) e, um equipamento de imagem portal *iviewGT* (utilizado para o posicionamento do paciente ao longo dos tratamentos).

Os cálculos de dose e distribuições de dose a 3D, obtidas a partir de imagens de TC realizadas aos pacientes são calculados com algoritmos matemáticos complexos, implementados num sistema de planimetria (TPS). No caso do HCD, o sistema de planimetria é o *XiO* da CMS, para o qual, na fase de aceitação e aquisição de dados do equipamento, foram adquiridos todos os parâmetros dos feixes de fótons e de electrões e ainda efectuadas, as respectivas verificações de acordo com os protocolos internacionais[3,10] de modo a garantir o seu bom funcionamento e reprodutibilidade, nas condições de irradiação.

No que se refere aos equipamentos de dosimetria e calibração, todos são da *Scanditronix- Wellhofer*. Para a aquisição de dados para o sistema de planimetria (TPS) e para o controlo da qualidade dos feixes de fótons e de electrões após as manutenções é utilizado o fantoma automático *Blue Phantom*. O electrómetro utilizado é o *Dose1*. As câmaras de ionização utilizadas são a *CC13*

semi-flexível (0,125 cm³), a câmara plana *PPC40* e a Tipo *Farmer FG-65* (0,6 cm³).

As intercomparações foram realizadas segundo os protocolos da EQUAL-ESTRO. Para tal, foram irradiadas cápsulas contendo TLD's de Fluoreto de Lítio em pó (LiF - dosímetro termoluminescente). Os fantasmas utilizados para a intercomparação dos feixes de electrões e de fótons foram fornecidos pela ESTRO_EQUAL, nos quais são colocadas as cápsulas de TLD's a irradiar.

Nas figuras seguintes são apresentados os *setups* de irradiação dos TLD's utilizados nas intercomparações dos feixes de fótons e de electrões respectivamente.

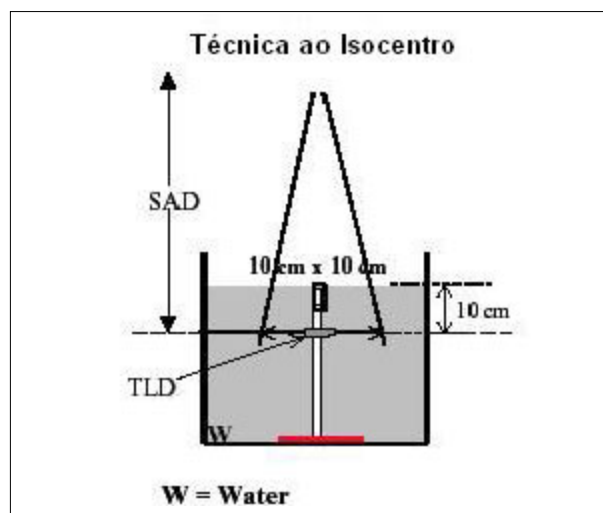


Fig. 1 – Condições de irradiação dos TLD's de acordo com o protocolo da EQUAL-ESTRO, para as duas energias de fótons.

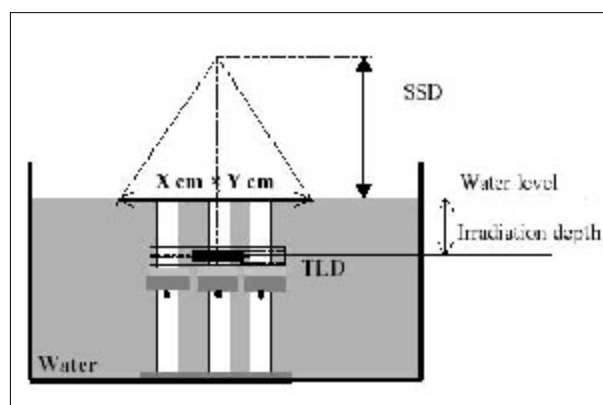


Fig. 2 – Condições de irradiação dos TLD's de acordo com o protocolo da EQUAL-ESTRO, para as energias de electrões.

3. Controlo da Qualidade Dosimétrico

3.1. Dose Absorvida em Água

Na radioterapia moderna, a convergência de valores entre a dose prescrita no volume alvo e a dose administrada no tratamento é fundamental. Existem várias recomendações a nível internacional[3,10] que apontam para um valor máximo de 3% na incerteza da dose irradiada. Tendo em

conta que este valor é o somatório de todas as incertezas relativas ao tratamento (dosimétricas, nos algoritmos matemáticos do sistema de planeamento, geométricas, etc), é um valor difícil de atingir.

Um dos principais objectivos relacionados com o trabalho do sector da Física é a calibração das energias do acelerador linear.

Um dosímetro é definido como um instrumento com o qual se obtém uma medição M , correspondente à dose absorvida no volume sensível da cavidade irradiada pela radiação ionizante.

Existem três técnicas dosimétricas padrão que permitem medir e calibrar em dose absorvida em água: calorimetria, dosimetria de Fricke e a dosimetria ionométrica. A calorimetria é apenas utilizada nos Laboratórios Primários (PSDL), enquanto que a dosimetria de Fricke se baseia numa reacção química de oxidação de um ião ferroso induzida pela radiação ionizante. A dosimetria ionométrica é a mais utilizada (especialmente nos serviços de radioterapia) e tem por base a utilização de câmaras de ionização. A quantidade de cargas (ou corrente eléctrica) recolhidas no volume sensível da câmara é proporcional à dose absorvida no gás da própria câmara.

Para determinar a dose absorvida em água é necessário que os dosímetros utilizados na rotina clínica estejam calibrados (laboratórios secundários SSDL) para a medição em questão, isto é, que sejam determinados os factores de calibração do dosímetro; estes são normalmente obtidos com uma fonte radioactiva de Cobalto-60 (^{60}Co).

A calibração em dose absorvida na água, dos feixes de energias de fótons e de electrões foi realizada no HCD pelo Sector da Física, implementando os protocolos da IAEA [1-3]. Para todas as energias, o acelerador linear foi calibrado nas condições de referência, para as quais 1 UM equivale a 1 cGy (campo $10 \times 10 \text{ cm}^2$ e a uma distância foco-superfície de 100 cm).

Neste contexto, a dose absorvida num ponto de referência z_{ref} , ($D_{w,Q}$), num fantoma de água irradiado com um feixe de radiação de qualidade Q^2 , é dada por:

$$D_{w,Q} = M_Q N_{D,w,Q} k_{Q,Q_0} \quad \text{Eq. 1}$$

Sendo: M_Q , a leitura da câmara de ionização corrigida para todas as quantidades de influência³ N_{D,w,Q_0} , o factor de calibração em termos da dose absorvida na água para um feixe radiativo de referência com qualidade Q_0 , k_{Q,Q_0} , é o coeficiente de correcção para as diferentes qualidades dos feixes, de referência Q_0 e, feixe actualmente considerado, Q .

Antes do serviço de radioterapia do HCD iniciar a sua actividade clínica, foi necessário calibrar em dose absorvida na água, as diferentes energias de fótons e de electrões. Para cada energia, foram ainda determinados os factores de correcção relativos à energia, a partir dos dados dosimétricos determinados na fase de aceitação (índice de qualidade e profundidade onde ocorre o máximo).

²Qualidade Q de um feixe de radiação é dado pelo índice de qualidade do feixe determinado pela razão do D_{20}/D_{10} .

³Entende-se por quantidade de influência aquela que não é directamente medida mas que influencia o valor do parâmetro em análise, por exemplo, pressão, temperatura, taxa de dose dimensão do campo radiativo, qualidade do feixe, entre outros.

3.2. Controlo da qualidade

Ao longo do tempo, as condições de funcionamento dos equipamentos vão sendo alteradas devido ao desgaste proporcionado quer pela utilização diária quer pela exposição à radiação das componentes mecânicas e electrónicas que os constituem. Torna-se, por isso, fundamental a implementação de um sistema de controlo da qualidade.

Foram definidos valores de referência na fase de aceitação do equipamento, na qual, em conjunto com o representante, se efectuaram os testes de acordo com o “*Costumer’s acceptance protocol*” (CAP) da Elekta (fabricando do acelerador linear). Relativamente aos parâmetros radiativos, realizam-se medições relativas à qualidade dos feixes (curvas de rendimento em profundidade – PDD’s), de simetria e de homogeneidade.

O controlo da qualidade do equipamento produtor de radiações consiste principalmente na verificação, dentro das tolerâncias, dos parâmetros geométricos e dosimétricos. Neste contexto, o controlo da qualidade é realizado a dois níveis com periodicidades diferentes. Um deles é o controlo da qualidade diário e que, como o próprio nome indica, é efectuado diariamente; o outro, é o das manutenções preventivas e/ou correctivas, cuja periodicidade é definida internamente pelo sector da física, de modo a garantir a monitorização sistemática do conjunto dos equipamentos. São ainda efectuados mensalmente testes de estabilidade dos dosímetros utilizados nas calibrações e verificações dosimétricas.

Todos os procedimentos referentes às actividades acima enunciadas foram adaptados e inseridos no “manual da qualidade” da unidade na fase de implementação da Norma ISO 9001:2000. De modo a garantir a qualidade dos tratamentos prestados, foi elaborado um mapa anual de manutenções dos equipamentos produtores de radiação e de medição, (ver fig. 3).

No controlo da qualidade diário, os testes incluem as verificações de um conjunto de parâmetros geométricos e de segurança como por ex: a verificação da dimensão de campos quadrados, campos com MLC, verificação da escala do telémetro, alinhamento dos *lasers*, verificação dos sistemas anti-colisão e seguranças do equipamento (mesa e porta de acesso ao bunker).

Para além dos testes não radiativos, é verificada a estabilidade das doses para cada uma das energias. A verificação é efectuada com um mini-fantoma de fabrico próprio (fig.4), colocado no porta-acessórios da cabeça do acelerador.

As doses são medidas com um dosímetro constituído por uma câmara de ionização do Tipo Farmer FC-65 n° 722 e o electrómetro *Dose1*, ambos da IBA-Scanditronix (fig.5). Os valores obtidos devem estar dentro da tolerância inicialmente definida de 3%.

Os procedimentos que integram o controlo da qualidade diário, com duração de aproximadamente 1h antes do início dos tratamentos, permitem garantir uma boa qualidade dos aspectos físicos dos tratamentos. O tratamento estatístico dos dados registados ao longo do tempo permite ainda, avaliar o estado do equipamento e prever falhas técnicas, nomeadamente através da análise de cartas de controlo.

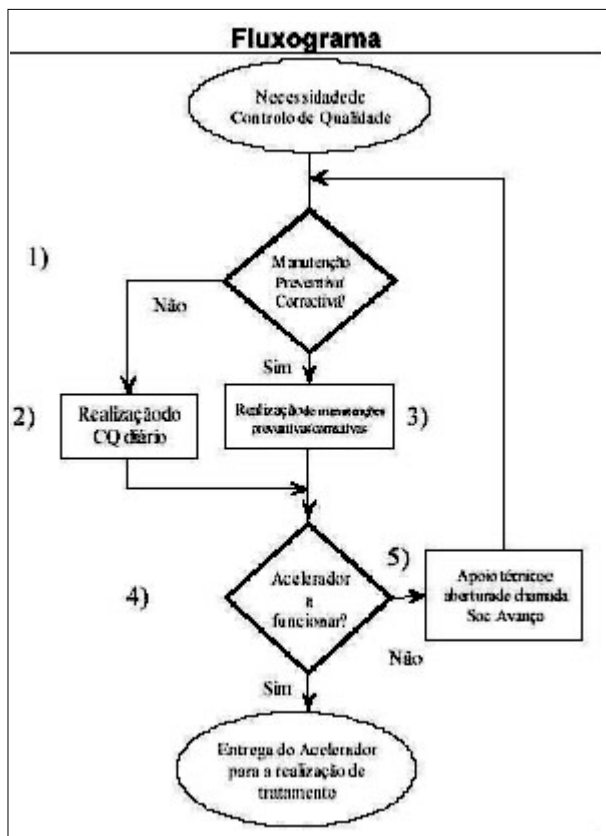


Fig. 3 – Fluxograma do procedimento específico “Controlo da qualidade e calibração dos equipamentos”, integrado no manual da qualidade da unidade de radioterapia do HCD.

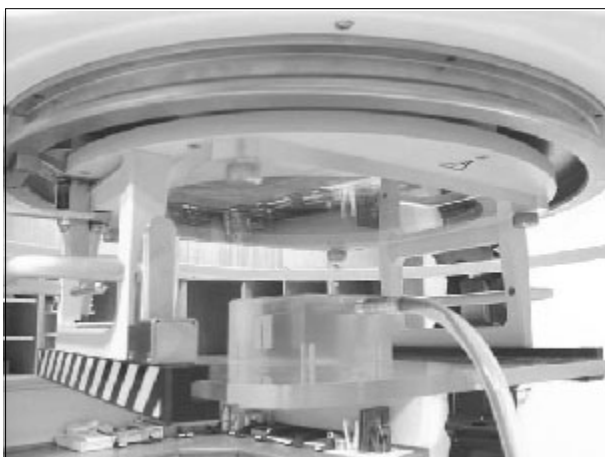


Fig. 4 – Mini fantoma e câmara de ionização inseridos na cabeça do acelerador para as medições de dose diárias.

Deste modo, é possível programar manutenções correctivas e minimizar os tempos das avarias e, conseqüentemente, de espera dos pacientes.

Testes mais exaustivos são efectuados após as intervenções no equipamento, nomeadamente após cada manutenção preventiva e correctiva. Além dos testes de controlo da qualidade efectuados diariamente, acrescem os testes mecânicos, são verificados os diferentes movimentos da mesa de tratamento, ajuste da escala do telémetro, isocentro do equipamento, indicadores mecânicos e electrónicos, e

respectivos limites dos movimentos do colimador e gantry, bem como a coincidência do campo luminoso com o campo radiativo. No que se refere aos testes dosimétricos, procede-se à verificação dos parâmetros simetria e homogeneidade dos feixes de radiação, determinação do índice de qualidade dos feixes e calibração de cada uma das energias de fótons e de electrões disponíveis. Todos estes testes são efectuados num fantoma de água motorizado, *Blue phantom* da IBA-Scanditronix, e com as câmaras de ionização adequadas a cada um dos tipos de radiação. No caso dos feixes de fótons, é utilizada uma câmara de ionização semi-flexível CC13 nº 5248 de 0,125 cm³ e no caso dos feixes de electrões é utilizada uma câmara plana PPC40 nº 251. As medições de dose absorvida em água são obtidas com o electrómetro, *Dose1*, da IBA-Scanditronix.



Fig. 5 – Acelerador linear Elekta Precise do Serviço de Radioterapia do HCD e fantoma de água automático Blue phantom da IBA-Scanditronix.

Todos os testes e as calibrações em dose absorvida são efectuados de acordo com os protocolos internacionais I-3. Todos os dosímetros utilizados no serviço estão calibrados por um laboratório padrão e são calibrados de acordo com o plano de calibrações dos equipamentos, de dois em dois anos. De modo a garantir o bom funcionamento dos dosímetros, são efectuadas mensalmente, a todos os conjuntos de dosímetros, testes de estabilidade, com a utilização de uma fonte radioactiva de Estrôncio-90 (Sr-90) calibrada e de actividade conhecida.



Fig. 6 – Medições de estabilidade das câmaras de ionização utilizadas na calibração dos feixes de fótons e de electrões respectivamente.

Na tabela seguinte encontram-se discriminados os parâmetros analisados assim como a frequência com que essa análise é efectuada, para o controlo de qualidade diário e, após as manutenções.

Tabela1 – Parâmetros e respectivas frequências analisados no controlo de qualidade ao acelerador linear Elekta Precise do Serviço de Radioterapia do HCD.

Frequência	Parâmetro
Diária	<p>Mecânicos</p> <p>Seguranças do equipamento (touchgards da gantry, stops da mesa, interlocks da consola, LCD de backup das últimas UM irradiadas)</p> <p>Seguranças dos sistemas anti-colisão da porta de acesso à sala de tratamentos</p> <p>Funcionamento do sistema de vídeo</p> <p>Funcionamento do sistema de intercomunicação</p> <p>Alinhamento dos Lasers</p> <p>Linearidade da Escala do telémetro</p> <p>Funcionamento dos aplicadores de electrões</p> <p>Dimensão dos campos luminosos</p> <p>Dosimétricos</p> <p>Reprodutibilidade dos feixes de fotões</p> <p>Reprodutibilidade dos feixes de electrões</p>
Após manutenções (além dos testes incluídos no C.Q. diário)	<p>Mecânicos</p> <p>Coincidência do campo luminoso e radiativo</p> <p>Intensidade e uniformidade do campo</p> <p>Ajuste do alinhamento dos lasers</p> <p>Límites de rotação da gantry e do colimador</p> <p>Verificação do isocentro geométrico do equipamento</p> <p>Linearidade dos movimentos longitudinais, laterais e verticais da mesa e respectivas escalas mecânicas e digitais</p> <p>Dosimétricos</p> <p>Reprodutibilidade da simetria dos feixes de fotões e de electrões</p> <p>Reprodutibilidade da homogeneidade dos feixes de fotões e de electrões</p> <p>Calibração em dose absorvida na água de todas as energias</p>

3.3. Intercomparação EQUAL-ESTRO

Uma auditoria da qualidade num serviço de radioterapia tem por objectivos analisar e avaliar, os resultados e as actividades desenvolvidas pela unidade em questão. É importante realçar que essa auditoria deve ser realizada por uma entidade externa ao Hospital[8], e efectuada em colaboração com os trabalhadores da entidade em questão. As auditorias dosimétricas podem ser cumpridas de diferentes modos, como por ex.: intercomparações postais, intercomparações com câmaras de ionização ou ainda com a visita da entidade externa ao local. No caso da Radioterapia do HCD foi escolhida uma auditoria postal com dosímetros termoluminescentes (TLD's).

A EQUAL é parte de um projecto mais amplo de Garantia da Qualidade designado de *ESQUIRE (Education, Science and Quality Assurance in Radiotherapy in Europe)*. O principal objectivo deste programa é o de dar confiança aos centros de radioterapia a nível europeu em termos de garantia da qualidade dos tratamentos, tanto aos profissionais como aos pacientes, e transmitir que o

tratamento, tanto ao nível curativo como ao nível paliativo, é seguro e eficaz.

Este projecto não substitui o Controlo de Qualidade efectuado ao acelerador linear por parte da Física, senão antes uma verificação independente das condições de tratamento da própria unidade. A intercomparação com outros centros permite garantir que as doses prescritas em cada Unidade de Radioterapia são consistentes. Esta intercomparação tem ainda a mais valia de evidenciar erros sistemáticos ou de outra natureza que podem estar a acontecer permitindo deste modo reduzir potenciais incidentes.

Em termos práticos, o projecto envolve a irradiação de cápsulas de TLD's em pó, (dosímetros termoluminescentes de LiF), num fantoma de água, de acordo com o protocolo enviado pelo Laboratório da EQUAL-ESTRO. Os dosímetros são depois devolvidos à EQUAL que procede à sua leitura e elaboração do respectivo relatório com os resultados para cada uma das condições de irradiação.

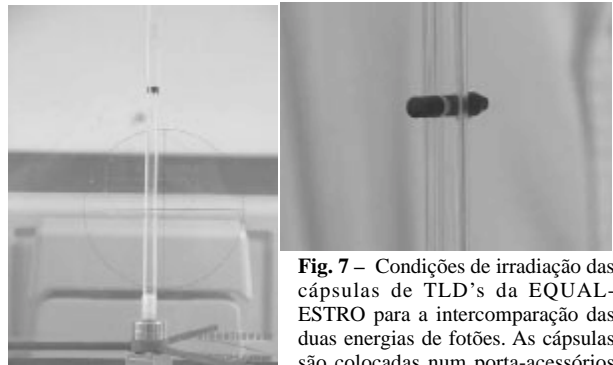


Fig. 7 – Condições de irradiação das cápsulas de TLD's da EQUAL-ESTRO para a intercomparação das duas energias de fotões. As cápsulas são colocadas num porta-acessórios fornecido pela EQUAL-ESTRO e colocado num fantoma de água, a 10 cm de profundidade.



Fig. 8 – Conjunto de cápsulas irradiadas na intercomparação de feixes de fotões.

No caso do HCD, foram irradiadas 9 cápsulas para cada uma das energias de fotões com uma dose prescrita de 2 Gy. Os cálculos para que este valor fosse o correcto foram efectuados pelo sector da Física do HCD. No que se refere às energias de fotões, o laboratório permite não só irradiar

e intercomparar os feixes nas condições de referência (de calibração), como também, em condições e geometrias frequentemente utilizadas nos tratamentos. No nosso caso foi utilizado o sistema de multilâminas (MLC) para conformar alguns dos campos propostos pela EQUAL; foi ainda testado um campo especial com um filtro em cunha (cunha motorizada de 60°). Para os cálculos de dose foi utilizado o sistema de planimetria (TPS) do Serviço de Radioterapia do HCD, o XiO da CMS.

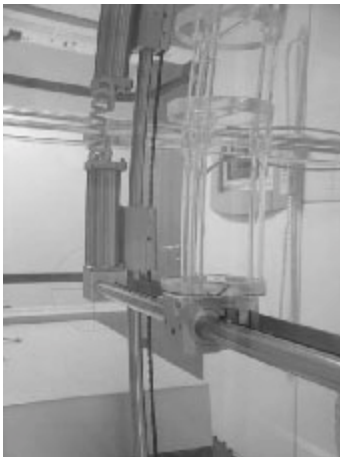


Fig. 9 – Condições de irradiação das cápsulas de TLD's da EQUAL-ESTRO para a intercomparação das energias de electrões. As cápsulas são colocadas num porta-acessórios fornecido pela EQUAL-ESTRO e colocado num fantoma de água, à profundidade da dose máxima de cada uma das energias de electrões.

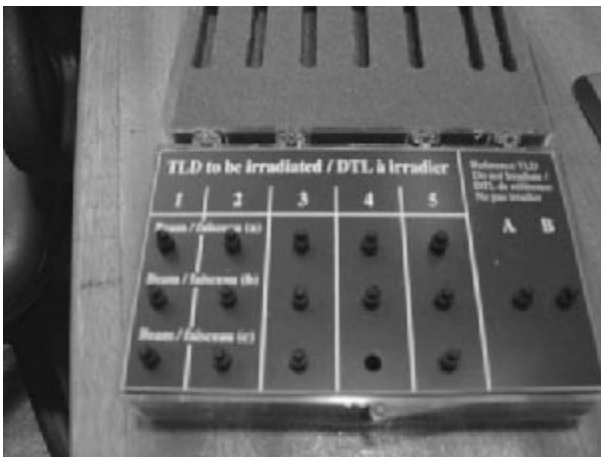


Fig. 10 – Conjunto de cápsulas irradiadas na intercomparação de feixes de electrões.

De acordo com o protocolo da EQUAL-ESTRO, os valores dos desvios máximos entre a dose medida e a dose de referência (2 Gy) têm os seguintes níveis de acção:

- doses $|d| \leq 3\%$: resultado óptimo;
- doses $3\% \leq |d| \leq 5\%$: resultado aceitável e dentro do intervalo de tolerância;
- doses $5\% \leq |d| \leq 10\%$: resultados fora do intervalo de confiança;
- doses $|d| \geq 10\%$: nível de emergência.

Field nº	MLC Checked fields	Field size (Max. length and width, in cm x cm)
1	Reference beam output	10 x 10
2	MLC Small field	5 x 5 with MLC
3	MLC "Circular" field	5,6 diameter with MLC
4	MLC "Inverted Y"	12 x 15 with MLC
5	MLC "Irregular" field	12 x 8 with MLC
6	MLC "Irregular" field with wedge filter	12 x 8 with MLC and wedge filter of 60°

Fig. 11 – Geometrias de campos irradiados e intercomparados.

4. Resultados

4.1. Controlo da qualidade

Os valores de dose medidos no controlo da qualidade diário descrito anteriormente, são utilizados para a construção de cartas de controlo de qualidade. Esta análise estatística permite avaliar o comportamento dos feixes ao longo do tempo, analisando a estabilidade dos parâmetros medidos, tendo em conta os níveis de tolerância inicialmente definidos ($\pm 3\%$), bem como as tendências para os desvios.

As cartas de controlo para feixes de fótons de 6 MV e 15 MV, respectivamente, reportam-se aos valores de dose obtidos no controlo de qualidade diário de 4 de Março de 2004 a 17 de Março de 2006 (Fig. 12).

As cartas de controlo para feixes de electrões, reportam-se aos valores de dose obtidos no controlo de qualidade diário de 25 de Janeiro de 2005 a 5 de Julho de 2006 (Fig. 13).

Todas as intervenções, preventivas e correctivas, devem igualmente ser acompanhadas dos respectivos testes de verificação, específicos a cada intervenção.

As tolerâncias dadas pelo protocolo da Elekta9 são as seguintes: índice de qualidade, (D_{20}/D_{10}) de $\pm 2\%$, simetria de $\pm 3\%$ e, homogeneidade de $\pm 6\%$. A homogeneidade de um feixe é definida como a razão entre o valor de dose

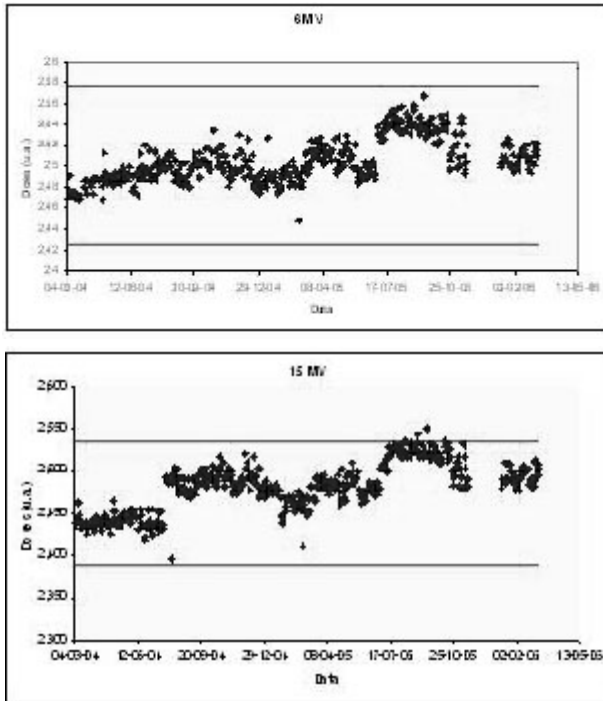


Fig. 12 – Cartas de controle para as duas energias de fótons obtidas com as medições de dose com o mini-fantoma no C.Q. diário.

absorvida em qualquer ponto do perfil na área de menor gradiente de dose (*flattened area*) e a dose no eixo central de radiação:

$$Hom = D_{max} / D_{eixo} \times 100\% \quad \text{Eq. 2}$$

A simetria do feixe é definida como a razão dos valores de dose absorvida entre dois pontos simétricos (a e b) relativamente ao eixo central de radiação na área de menor gradiente de dose:

$$Simetria = (D_a - D_b) \times 100\% \quad \text{Eq. 3}$$

A título de exemplo, apresentam-se os perfis e as curvas de rendimento em profundidade (PDD's), para as duas energias de fótons: 6MV e 15MV.

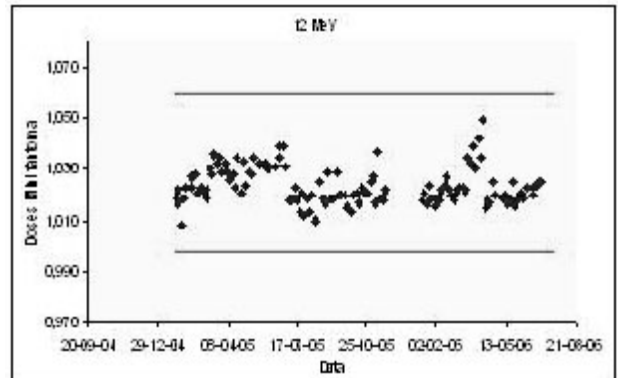
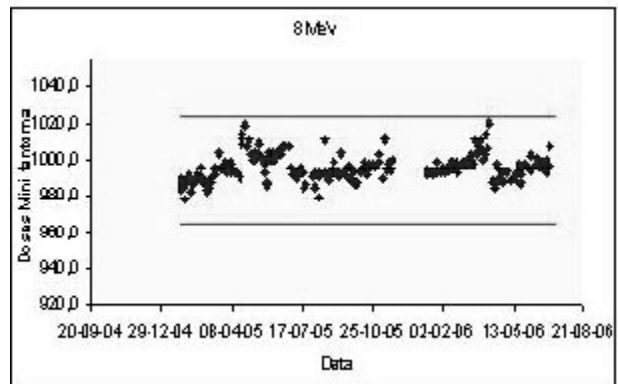
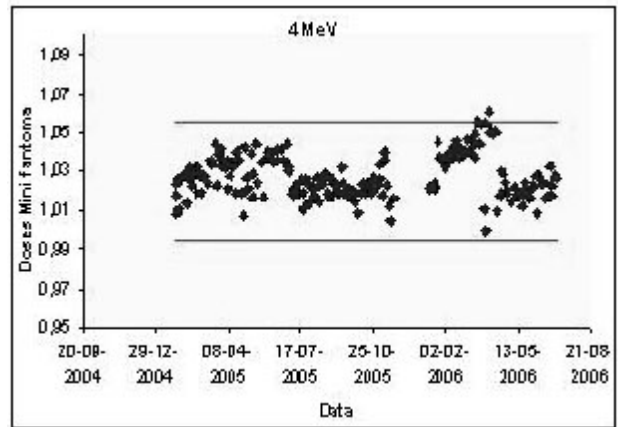


Fig. 13 – Cartas de controle para as energias de electrões de 4 MeV, 8 MeV e 12 MeV, obtidas com as medições de dose com o mini-fantoma no C.Q. diário.

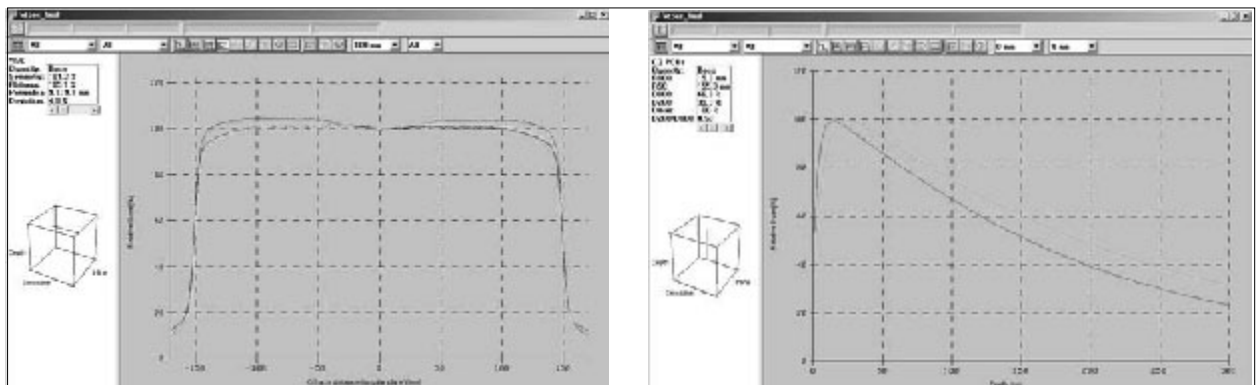


Fig. 14 – Perfis e curvas de rendimento em profundidade obtidos nos testes de verificações após as manutenções preventivas.

4.2. Intercomparação EQUAL-ESTRO

Os resultados obtidos da intercomparação EQUAL-ESTRO encontram-se discriminados nas tabelas seguintes:

Tabela 2 – Resultados obtidos na intercomparação EQUAL-ESTRO para a energia de 6MV.

Nº do Campo	Descrição	Erro (%)
1	10 x 10	-1,0
2	5 x 5 com MLC	0,1
3	5,6 diâmetro com MLC	0,2
4	12 x 15 com MLC	0,5
5	12 x 8 com MLC	0,8
6	12 x 8 com MLC e com filtro de 60°	-0,3

Tabela 3 – Resultados obtidos na intercomparação EQUAL-ESTRO para a energia de 15MV.

Nº do Campo	Descrição	Erro (%)
1	10 x 10	-1,1
2	5 x 5 com MLC	-1,2
3	5,6 diâmetro com MLC	-0,6
4	12 x 15 com MLC	-1,1
5	12 x 8 com MLC	-1,2
6	12 x 8 com MLC e com filtro de 60°	-1,7

Tabela 4 – Resultados obtidos na intercomparação EQUAL-ESTRO para a energia de 4 MeV.

Nº do Campo	Descrição	Erro (%)
1	10 x 10	-1,2
2	6 x 6	-1,7
3	10 x 21	-1,2

Tabela 5 – Resultados obtidos na intercomparação EQUAL-ESTRO para a energia de 8 MeV.

Nº do Campo	Descrição	Erro (%)
1	10 x 10	-1,2
2	6 x 6	-2,1
3	10 x 21	-1,3

Tabela 6 – Resultados obtidos na intercomparação EQUAL-ESTRO para a energia de 12 MeV.

Nº do Campo	Descrição	Erro (%)
1	10 x 10	-1,5
2	6 x 6	-3,3*
3	10 x 21	-1,6

* Valor considerado dentro do intervalo de tolerância (doses 3% $|d| \leq 5\%$: resultado aceitável e dentro do intervalo de tolerância).

5. Conclusão

Neste trabalho foi dado ênfase ao controlo da qualidade dos parâmetros dosimétricos implementado no Hospital Cuf Descobertas, na unidade de Radioterapia. Conclui-se que os valores verificados se encontram dentro das tolerâncias mais exigentes, propostas pela ESTRO – Sociedade Europeia de Radioterapia.

Embora este processo seja em si bastante dispendioso, em termos de tempo gasto pelo sector da Física e de utilização do equipamento, é fundamental a sua implementação num serviço desta natureza, pois só assim é possível avaliar as condições de funcionamento do equipamento e garantir o efectivo tratamento dos pacientes. As falhas e avarias podem ser detectadas quotidianamente, mesmo antes do início dos tratamentos, permitindo por isso, uma minimização dos tempos de paragem do acelerador, assim como, uma gestão das paragens programadas adaptada à rotina diária do serviço. Só assim se pode garantir a qualidade dos tratamentos prestados, objectivo último de toda a implementação deste sistema.

A implementação deste tipo de sistema de garantia da qualidade, requer evidentemente uma colaboração estreita entre todas as equipas da unidade, desde a física, médicos, técnicos da unidade e empresas responsáveis pela manutenção dos equipamentos. A título de exemplo, o mapa das manutenções preventivas do equipamento implementado na unidade possui as quatro paragens anuais, com duração de dois dias cada, impostas pelo fabricante. Relativamente à intercomparação EQUAL-ESTRO e de acordo com os níveis de acção discriminados anteriormente, conclui-se que, para todos os campos de radiação, os valores de dose apresentam resultados óptimos. Estes resultados são referentes às duas primeiras fases da intercomparação, para as duas energias de fótons (6 MV e 15 MV) e para três energias de electrões (4 MeV, 8 MeV e 12 MeV). Procedeu-se igualmente à intercomparação de mais três energias de electrões (6 MeV, 10 MeV, 15 MeV), estando neste momento a aguardar os resultados finais desta intercomparação.

6. Referências Bibliográficas

1. International Atomic Energy Agency, "Absorbed Dose Determination in Photon and Electron Beam. An international code of practice", Technical Reports Series nº 277, IAEA, Vienna, 1987.
2. International Atomic Energy Agency, "The use of Plane Parallel Ionization Chambers in High Electron and Photon Beams. An

international code of practice”, Technical Reports Series n° 381, IAEA, Vienna, 1997.

3. International Atomic Energy Agency, “*Absorbed Dose in external beam Radiotherapy: an international code of practice*”, Technical Reports Series n° 398, IAEA, Vienna, 2000.

4. Decreto-Lei n° 180/2002, publicado no D.R. n°182 de 8 de Agosto de 2002, transposição da directiva do Conselho Europeu n° 97/43/EURATOM.

5. American Association of Physicists in Medicine, “Comprehensive QA for radiation oncology”, Report Task Group n° 40, AAPM, 1994.

6. American Association of Physicists in Medicine, “AAPM Code of Practice for Radiotherapy Accelerators”, Report Task Group n° 45, AAPM, 1994.

7. American Association of Physicists in Medicine, “AAPM’s TG-51 protocol for clinical reference dosimetry of high energy photon and electron beams”, Medical Physics, 26 (9), 1999.

8. Andreo, P., “Calibration of photon and electron beams”, Chapter 9, University of Stockholm, Karolinska Institute, Sweden.

9. Precise Treatment System Customer Acceptance Test, 4513 370 1870 3, Elekta, 2002.

10. Technical Report Series n° 430 “Commissioning and Quality Assurance of Computerized Planning Systems for Radiation Treatment of Cancer”, IAEA, 2004.

Correspondência

Katia Jacob
Hospital Cuf Descobertas
katia@medicalconsult.pt