

## Avaliação de um Grupo de Profissionais de Saúde Sobre os Conceitos Físicos e Toxicológicos dos Radiofármacos que Utilizam os Radioisótopos $^{123}\text{I}$ e $^{131}\text{I}$

L. C. Luiz\*

*Faculdade Bezerra de Araújo (FABA), Rio de Janeiro, RJ, Brasil and  
Instituto de Física Armando Dias Tavares da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (DFAT-UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

D. L. Brandão†

*Faculdade Bezerra de Araújo (FABA), Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

R. T. Batista‡

*Instituto de Física Armando Dias Tavares da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (DFAT-UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil*

Com intuito de avaliar o nível de conhecimento de um grupo de profissionais de saúde da Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro, realizou-se uma pesquisa com enfermeiros, técnicos em enfermagem, médicos e também alunos de graduação em farmácia, referente à produção, radiações emitidas, aplicações e toxicidades dos radiofármacos que utilizam os radioisótopos  $^{123}\text{I}$  e  $^{131}\text{I}$ . Esses radioisótopos são muito utilizados na Medicina Nuclear tanto para auxiliar no diagnóstico por imagem quanto para procedimentos terapêuticos. Para uma melhor compreensão do leitor, neste trabalho é apresentada uma abordagem sobre os radiofármacos que utilizam os radioisótopos acima citados de modo que o mesmo tenha conhecimento do que foi questionado ao grupo de profissionais aqui avaliados. Com este trabalho, espera-se contribuir para o conhecimento desses profissionais, bem como da população em geral, nos conceitos de Física Nuclear e Radioproteção referentes ao assunto em questão.

### I. INTRODUÇÃO

Buscando oferecer uma melhor compreensão ao leitor sobre o tema, as primeiras seções são destinadas aos conceitos que foram questionados aos profissionais de saúde. O radiofármaco é composto basicamente por um radioisótopo e um fármaco. Um radioisótopo (ou radionuclídeo) se caracteriza por apresentar um núcleo atômico instável que emite radiação quando tende à estabilização. Já o fármaco pode ser uma substância ou qualquer elemento que apresente afinidade química por determinados órgãos, tecidos, células ou processo fisiológico do corpo. Eles são utilizados com a finalidade de transportar o elemento radioativo para o órgão a ser estudado. Pode-se dizer que os radiofármacos foram utilizados pela primeira vez em um ser humano, para diagnóstico, em 1925, por Herman Ludwig Blumgart (1895 – 1977) e Otto Christian Yens (1901 – 1969). Utilizando uma versão modificada da câmara de Wilson eles determinaram o tempo de circulação braço a braço em pacientes [1, 14]. Em 1938, foi realizado o estudo da função da tireóide com o uso do  $^{121}\text{I}$ , por Hertz, Roberts e Evans, marcando assim o início da utilização sistemática dos radionuclídeos na medicina [15]. Em 1956, foi criado no Brasil o Instituto de Energia Atômica (IEA), hoje chamado de Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), órgão este gerenciado técnica, administrativa e financeiramente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e associado para fins de ensino de pós-graduação à Universidade de São Paulo (USP). Nele, os primeiros trabalhos sobre radionuclídeos foram realizados. Somente 1963, iniciou-se a produção

constante de radioisótopos no IPEN/CNEN, que vai até os dias atuais, incluindo a produção completa do radiofármaco.

Os radioisótopos  $^{123}\text{I}$  e  $^{131}\text{I}$  são produzidos em reatores nucleares e aceleradores de partículas. Aceleradores de partículas são máquinas capazes de acelerar feixes de partículas carregadas, fazendo com que estes alcancem velocidades altíssimas proporcionando energias capazes de produzir matéria (através da colisão destes feixes) em grande quantidade e com o feixe bem controlado. De acordo com sua forma, eles podem ser classificados em lineares ou circulares. Os aceleradores de partículas lineares aceleram o feixe segundo uma trajetória retilínea de modo que sua energia seja proporcional ao seu comprimento. Já os circulares mantêm o feixe segundo uma trajetória curvilínea fazendo com que o feixe seja acelerado a cada volta. Para produção de radiofármacos, geralmente é utilizado o acelerador circular do tipo ciclotron. Já os reatores nucleares de fissão utilizam a fissão nuclear para produzir energia (reator de potência) ou nêutrons (reator de pesquisa). No caso de um reator nuclear de pesquisa pode-se utilizar os nêutrons que reagirão com núcleos alvos dando origem a outros elementos.

Os radioisótopos do iodo mais utilizados em medicina nuclear são  $^{123}\text{I}$ ,  $^{125}\text{I}$  e  $^{131}\text{I}$ . Pelo fato do  $^{125}\text{I}$  apresentar radiação  $\gamma$  de baixa energia (35 keV), pode ser aplicado em braquiterapia para tratamento de tumores in situ como também para testes in vitro tal como radioimunoensaio. Os radioisótopos  $^{123}\text{I}$  e  $^{131}\text{I}$  são utilizados nos estudos de diagnóstico e tratamento de tumores, respectivamente. O  $^{123}\text{I}$  é adequado à aplicação diagnóstica devido a energia da radiação  $\gamma$  (159 keV) ser abundante e eficientemente detectada por cristal de iodeto de sódio das câmaras de cintilação e também pelo fato de sua meia vida física ligeiramente curta (13,2 h) [2].

As radiações mais comuns emitidas pelos radioisótopos são alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) e gama ( $\gamma$ ). Quando uma pessoa é

---

\*leandro.dfnae@bol.com.br

†brandao.dl@oi.com.br

‡batistartb@hotmail.com

exposta à radiação de maneira descontrolada alguns efeitos referentes a essa exposição podem surgir, tais como: anemia, trombocitopenia, queda de cabelo, dermatite, esterilidade, entre outras. Entretanto, é importante ressaltar que há normas de radioproteção estabelecidas pela CNEN, na qual utiliza-se de vários meios (monitoração, blindagem, jornada de trabalho reduzida, etc) para que o trabalhador e a população em geral não ultrapasse os limites de dose e que a exposição não seja descontrolada [3].

É comum, nos exames de diagnóstico por imagens, a utilização de agentes de contraste radiológicos, que são compostos introduzidos no organismo por diferentes vias. Eles permitem realçar e aumentar a definição de determinados órgãos de tecido mole quando os equipamentos (ressonador, tomógrafo, arco em “C”, etc) destinados para tal visualização não apresentam boa qualidade das imagens para estes órgãos. Os elementos utilizados como matéria prima para os agentes de contraste são: iodo, bário e o gadolínio. Apesar de alguns destes radiofármacos possuírem um perfil favorável de toxicidade, apresentando um baixo risco para os pacientes, os eventos adversos ao uso destes existem e mesmo sendo raros não devem ser ignorados. Os casos de eventos adversos ao uso de contrastes são subnotificados, o que dificulta a visão geral da situação do uso de radiofármacos usados para contraste [4]. Os radiofármacos que utilizam os radioisótopos do iodo têm grande importância na medicina nuclear, pois podem ser aplicados em diversos órgãos no corpo humano (por exemplo: tireóide e cérebro). No entanto, para sua produção é necessário aceleradores de partículas ou reatores nucleares, o que envolve profissionais qualificados para tal tarefa. Além da toxicidade dos radioisótopos, eles também emitem radiações, fazendo necessário alguns cuidados no seu manuseio e administração. Tendo em vista que tanto os pacientes, quanto os profissionais de saúde podem estar sujeito aos efeitos (colaterais e de exposição à radiação), este trabalho apresenta uma abordagem sobre os radiofármacos que utilizam os radioisótopos  $^{123}\text{I}$  e  $^{131}\text{I}$ .

Para ilustrar o nível de conhecimento dos profissionais de saúde (médicos, enfermeiros, técnicos em enfermagem) de unidades de pronto atendimento da Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro e de estudantes do curso de Farmácia de uma faculdade da mesma localidade apresentamos e analisamos os resultados de um questionário que se encontra em anexo.

## II. PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE RADIOFÁRMACOS

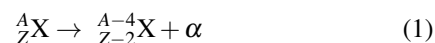
### Radiações

É comumente um termo utilizado para tudo aquilo que é emitido por uma fonte. No átomo as radiações são produzidas por alterações que ocorrem no núcleo ou nas camadas eletrônicas, ou pela interação de outras radiações com o núcleo ou com o átomo. Existem três tipos diferentes de radiação de origem nuclear:  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ . A energia média liberada, normalmente em keV, por unidade de comprimento (em  $\mu\text{m}$ ) ao longo do caminho percorrido por fótons ou partículas no meio irradiado

é definida como LET (Linear Energy Transfer). As radiações eletromagnéticas  $X$  e  $\gamma$  possuem baixo LET, enquanto que as partículas  $\alpha$  e  $\beta$ , os prótons, nêutrons e os íons possuem alto LET. Sendo assim, as radiações de baixo LET têm uma probabilidade baixa de interagir com os átomos do meio irradiado, percorrendo assim uma distância maior quando comparadas com as de alto LET de mesma energia [3]. No processo de interação da radiação com a matéria ocorre uma transferência de energia dela para o meio.

### Partículas Alfa ou Emissão de Hélio

São constituídas de dois nêutrons ( $n^0$ ) e dois prótons ( $p^+$ ), caracterizando um núcleo atômico de Hélio.

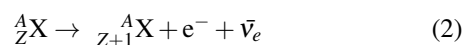


### Partículas Beta

São elétrons ( $e^-$ ) ou pósitrons ( $e^+$ ) atirados do núcleo quando no mesmo há excesso de prótons ou nêutrons. O pósitron é a antipartícula do elétron, ela possui todas as características do elétron (massa, spin, etc), exceto sua carga e seu número leptônico, que são opostos.

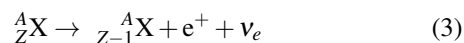
### Emissão beta menos

Quando no núcleo há excesso de nêutrons e falta de prótons, um nêutron se “converte” em um próton, emitindo um elétron e um anti-neutrino eletrônico.



### Emissão beta mais

Quando no núcleo há excesso de prótons, um próton se “converte” em um nêutron, emitindo um pósitron e um neutrino eletrônico.



O neutrino ( $\nu_e$ ) e o antineutrino ( $\bar{\nu}_e$ ) aparecem devido à necessidade de conservação de energia e momento linear. A massa do neutrino é tão pequena que pode ser desconsiderada. Assim como o nêutron, o neutrino também não possui carga elétrica.

### Radiação gama

Quando um núcleo emite partículas  $\alpha$  ou  $\beta$ , geralmente os nucleons, que são os prótons e nêutrons existentes no núcleo, ficam em uma configuração de energia maior do que a energia do estado fundamental (estado excitado). Para atingir o estado fundamental, emitem uma energia em excesso em forma de radiação eletromagnética, denominada radiação  $\gamma$ . Esta, é de natureza ondulatória, ao contrário das demais que tem características corpusculares [3].

Pelo fato de não possuir massa e carga a radiação  $\gamma$  é considerada a mais penetrante. Já radiação  $\alpha$ , que é carregada e possui massa bem elevada, tem pouca penetração e alcança

Tabela 1: Alguns radiofármacos e suas aplicações [7].

Radiofármaco	Local de aplicação
$^{99m}\text{Tc}$ – Ácido Dietileno Triamin Pentacético	Cérebro
$^{131}\text{I}$ e $^{123}\text{I}$ – Iodeto	Tireóide
$^{99m}\text{Tc}$ – Estanho Coloidal	Fígado
$^{99m}\text{Tc}$ – Fitato	Fígado
$^{131}\text{I}$ – Bromosulfaleína	Fígado
$^{67}\text{Ga}$ – Citrato	Tecidos Moles
$^{99m}\text{Tc}$ – Metileno Difosfonato	Sistema Ósseo
$^{99m}\text{Tc}$ – Pertecnetato	Glândulas Salivares e Estômago
$^{99m}\text{Tc}$ – Pirofosfato	Coração
$^{99m}\text{Tc}$ – Dextran 500	Sistema Linfático

poucos centímetros no ar. A radiação  $\beta$  possui velocidade inicial próxima a da luz e seu poder de penetração é superior à radiação  $\alpha$ , mas quando comparada a radiação  $\gamma$ , não é tão penetrante.

#### A produção dos Radiofármacos

Os radioisótopos são produzidos e distribuídos no Brasil há mais de 40 anos pelo IPEN e também pelo Instituto de Engenharia Nuclear (IEN/CNEN). Atualmente, além dos institutos já citados, também se produz radioisótopos no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/CNEN) e no Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN – NE/CNEN). Há também instituições privadas que utilizam aceleradores ciclotrons para tais fins. Hoje, a maioria dos radiofármacos é produzida nos próprios locais onde se produzem os radioisótopos. A grande aplicação dos radiofármacos está em medicina nuclear diagnóstica representando cerca de 95%, os 5% restantes correspondem aos procedimentos terapêuticos [6]. A Tabela 1 mostra alguns radiofármacos utilizados para diagnóstico e suas aplicações. Com o desenvolvimento de reatores nucleares e de aceleradores de partículas do tipo ciclotron, radioisótopos artificiais têm sido produzidos e são de grande importância em aplicações na medicina.

Num acelerador ciclotron, uma partícula carregada ( $q$ ) é colocada no centro de dois semi cilindros (cilindros cuja sua seção reta é dividida ortogonalmente ao meio) em forma de “D”, um de frente para o outro e ortogonais a um campo magnético constante  $\mathbf{B}$ . Devido à presença desse campo magnético a partícula descreverá uma circunferência segundo a força de Lorentz

$$\mathbf{F}_L = q\mathbf{E} + q(\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (4)$$

Um campo elétrico  $\mathbf{E}$  oscilante, situado entre os “Dês” e perpendicular ao campo magnético acelera a partícula carregada quando ela se encontra na metade da circunferência, de modo que, toda vez que a partícula atravessa o intervalo entre os “Dês” ela é acelerada. Quando a partícula alcança a energia estimada, é defletida em um canal e dirigida para o alvo [16]. A Figura 1 mostra um diagrama esquemático do ciclotron, o campo magnético é ortogonal ao plano da figura e saindo do mesmo. Já a Tabela 2 apresenta as característi-

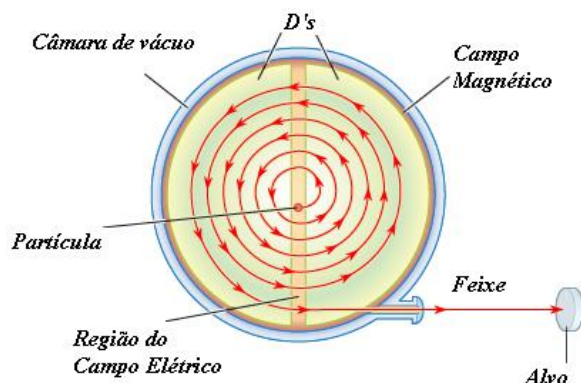


Figura 1: Diagrama esquemático do ciclotron extraído da referência [9].

Tabela 2: Característica dos Radionuclídeos usados em medicina nuclear e obtidos pelo ciclotron [8].

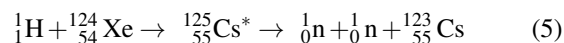
Radionuclídeo	Meia-vida Física	Emissão Predominante
$^{123}\text{I}$	13h	$\gamma$
$^{111}\text{In}$	67h	$\gamma$
$^{67}\text{Ga}$	78h	$\gamma$
$^{11}\text{C}$	20,4 min	$\beta^+$
$^{13}\text{N}$	10 min	$\beta^+$
$^{18}\text{F}$	110 min	$\beta^+$
$^{68}\text{Ga}$	68 min	$\beta^+$

cas de alguns radioisótopos utilizados em medicina nuclear gerados no ciclotron.

#### A produção do Radioisótopo $^{123}\text{I}$

Como visto na Tabela 2 o radioisótopo  $^{123}\text{I}$  é obtido através de acelerador do tipo ciclotron. Ele pode ser produzido através das reações nucleares da tabela 3.

Alvos estáveis são bombardeados com prótons ( $^1_1\text{H}$ ) provindos do ciclotron. Os núcleos então ficam instáveis por excesso de prótons e desintegram-se por emissão de pósitrons ( $\beta^+$ ) ou captura eletrônica com emissão de radiação  $\gamma$  [11]. Aqui será demonstrada a reação nuclear indireta, mostrada na Tabela 3, desenvolvida nos aceleradores ciclotrons Cyclone 30 do IPEN/CNEN e CV-28 IEN/CNEN. Nesta reação o gás xenônio ( $^{124}_{54}\text{Xe}$ ) é irradiado por feixe de prótons gerados pelo ciclotron, assim pode-se reescrever a reação da seguinte forma

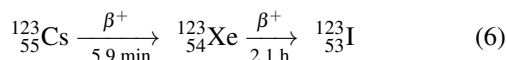


Após a irradiação, os núcleos de césio ( $^{123}_{55}\text{Cs}$ ) ficam ins-

Tabela 3: Reações Nucleares do radioisótopo  $^{123}\text{I}$  [10].

Reação nuclear	Tipo
$^{124}\text{Te}(p, 2n)^{123}\text{I}$	direta
$^{124}\text{Xe}(p, 2p)^{123}\text{I}$	direta
$^{124}\text{Xe}(p, 2n)^{123}\text{Cs} \xrightarrow{\beta^+} ^{123}\text{Xe} \xrightarrow{\beta^+} ^{123}\text{I}$	indireta

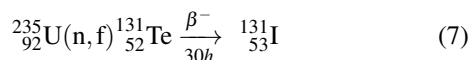
táveis por excesso de prótons, esperam-se aproximadamente 5,9 min. Neste tempo, que corresponde a 1 meia-vida do núcleo citado, é suficiente para que 50% do  $^{123}_{55}\text{Cs}$  decaia, por emissão beta mais (equação 3) para o  $^{123}_{54}\text{Xe}$ . Este, também por emissão de pósitron, após 2,1 h, que corresponde a 1,05 meia-vida do núcleo citado, decai no iodo ( $^{123}_{53}\text{I}$ ). Ou seja,



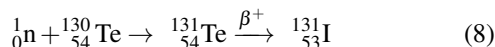
Retira-se o gás (criogênese) e o  $^{123}_{53}\text{I}$  fica absorvido nas paredes do porta alvo, após a lavagem com água o iodo é recolhido em 60-80 mL. O  $^{123}_{53}\text{I}$  é fornecido para diversas instituições no Brasil inclusive o Instituto do Coração (Incor) da Universidade de São Paulo (USP). Neste, o  $^{123}_{53}\text{I}$  é utilizado no estudo de prognóstico dos pacientes que estão na fila de transplantes de coração para identificar os que têm maior risco de morte, por meio do uso da metaiodobenzilguanidina (MIBG). Com essa substância no organismo o paciente é submetido a um exame de cintilografia que irá detectar a radiação  $\gamma$  concentrada nos locais doentes [12]. O  $^{123}_{53}\text{I}$  é usado apenas em diagnóstico e na monitoração de tratamentos, diferente do  $^{131}_{53}\text{I}$ , utilizado em diagnóstico e radioterapia. A meia-vida física curta do  $^{123}_{53}\text{I}$  ultrapuro inviabiliza sua importação. Portanto, o seu desenvolvimento é essencial para distribuição no País e para Medicina Nuclear brasileira.

#### A produção do Radioisótopo $^{131}\text{I}$

O  $^{131}_{53}\text{I}$  é produzido por extração a partir dos produtos obtidos da fissão nuclear do  $^{235}_{92}\text{U}$  ou por bombardeamento com nêutrons no telúrio estável ( $^{130}_{52}\text{Te}$ ) em um reator nuclear. O reator nuclear destinado a produção de radiofármacos é chamado reator de potência zero (zero power reactor). Num reator nuclear de fissão que utiliza o  $^{235}_{92}\text{U}$  como elemento combustível, um nêutron incide no  $^{235}_{92}\text{U}$  fissionando este elemento. Cada evento de fissão nuclear libera em média 2,5 nêutrons, que podem atingir outros núcleos de  $^{235}_{92}\text{U}$  e com isso, liberar mais nêutrons para novos processos de fissão nuclear, resultando numa reação em cadeia, com grande produção de energia [17]. O  $^{131}_{53}\text{I}$  tem um período de meia-vida de 8,04 dias, decai através da emissão de radiação  $\beta^-$  (equação 2) e emite radiação  $\gamma$ . A produção do  $^{131}_{53}\text{I}$  por extração a partir dos produtos de fissão ocorre através da seguinte reação nuclear



Na produção através do bombardeio do telúrio, o nêutron incide no núcleo do  $^{130}_{52}\text{Te}$ , que se tornará um isótopo do telúrio, este através do decaimento beta mais (equação 3) “perde” um próton se tornando o  $^{131}_{53}\text{I}$ . Abaixo é mostrada esta reação nuclear.



#### Toxicidade

Em teoria, os agentes de contrastes usados em procedimentos radiológicos deveriam ser inertes, ou seja, não interagir

com o organismo. Porém, na prática clínica, tem sido constatado que os agentes de contraste não são totalmente inertes e mostram certo grau de interação e, apesar de serem usualmente seguros, o seu uso não é livre de efeitos colaterais incluindo reações de hipersensibilidade sistêmica e reações adversas (RA) de vários tipos. Essas reações variam de acordo com o radioisótopo utilizado. As reações menores e mais comuns são: náuseas, vômitos, urticária e cefaléia, enquanto as locais são irritação, ardor e sensação de frio. Reações adversas agudas mais graves, tais como: laringoespasmos e choque anafilático, são raras [4].

#### Eventos e Reações Relacionadas ao Uso do Contraste

Essas reações adversas ou efeitos indesejados decorrentes da administração de contraste iodado são geralmente classificadas, quanto a etiologia, em reações do tipo anafilactóide e reações quimiotóxicas. As reações anafilactóides, ou idiossincráticas, não dependem da dose de contraste e se manifestam como urticária, coriza nasal, hipotensão com taquicardia, broncoespasmo, edema laríngeo e manifestações mais intensas como choque e insuficiência respiratória severa. Reações quimiotóxicas, ou não idiossincráticas, são dose-dependentes e relacionam-se com as características físico-químicas do contraste, como a osmolalidade e ionicidade. Os sinais e sintomas podem incluir sensação de calor, náuseas e vômitos, arritmia cardíaca, hipertensão, insuficiência renal, convulsões, entre outros [5]. Fatores de risco associados à ocorrência de reações adversas ao contraste iodado são, entre outros, história prévia de reação adversa ao meio radiopaco, história de asma ou alergias, arritmias cardíacas, cardiopatia isquêmica, debilidade geral, comunicação prejudicada, ansiedade, insuficiência renal, extremos de idade e uso concomitante de alguns fármacos, tais como betabloqueadores, metformina e agentes nefrotóxicos que podem aumentar o dano renal. O uso de contrastes radiológicos constitui uma das causas de insuficiência renal aguda (IRA) hospitalar, que é uma complicação potencialmente séria quando se trata de pacientes com a função renal comprometida. Em pacientes com a função renal normal, essa disfunção tem evolução benigna e retoma ao normal em 7 a 14 dias. Os eventos adversos associados ao contraste iodado apresentam frequência que varia entre 2,2 e 12,7% com uso do meio iônico e entre 0,2 e 3,1% com o contraste não iônico [5].

#### Perfil de toxicidade do $^{131}\text{I}$ e do $^{123}\text{I}$

O  $^{131}_{53}\text{I}$  foi o primeiro isótopo utilizado para avaliação da tireóide, mas devido à maior dose de radiação para o paciente e pior qualidade de imagem, tem sido pouco utilizado. Já o  $^{123}_{53}\text{I}$  apresenta inúmeras vantagens comparativas devido à sua menor meia-vida física (13,2 h enquanto que do  $^{131}_{53}\text{I}$  é de 8 dias), alta qualidade de imagem, dose de radiação dezenas de vezes menor, trazendo mais segurança para a equipe que realiza o exame, paciente e meio ambiente, porém seu custo é mais elevado [13]. O  $^{123}_{53}\text{I}$  também não emite radiação  $\beta$ , emitida pelo  $^{131}_{53}\text{I}$ , que é mais agressiva para o organismo do paciente. Adicionalmente, emite uma radiação  $\gamma$  de menor

energia. A menor dose de radiação é especialmente relevante para o atendimento de pacientes que possuem algum fator de risco para o desenvolvimento de eventos relacionados ao uso do contraste iodado.

Apesar do  $^{131}\text{I}$  ter sido o primeiro radioisótopo utilizado para avaliação da tireóide, ele tem pouca utilização na medicina nuclear. Eventualmente é empregado para caracterizar melhor casos de bócio mergulhante ou tecido ectópico, ou ainda no tratamento da doença de Graves, bócio tóxico multinodular ou nódulos autônomos, carcinoma papilar e folicular da tireóide incluindo doença metastásica, justamente por emitir maior dose de radiação que é suficiente para o tratamento de ablação de células com características anormais [13].

### III. AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE INFORMAÇÃO DOS PROFISSIONAIS DE SAÚDE

Visto que o uso de substâncias que emitem radiação, se não usada de maneira controlada e sob determinados cuidados podem ser preocupantes, e também que os radioisótopos aqui apresentados podem apresentar algum tipo de reação adversa, fez-se um questionário visando avaliar o nível de informação dos profissionais de saúde que atuam em Unidades de Pronto Atendimento na Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro e dos alunos de graduação em Farmácia da mesma região. Nos últimos anos houve um crescimento no número de empreendimentos, sejam eles comerciais ou imobiliários, na região de Campo Grande, Zona Oeste do Rio de Janeiro [18], resultando no aumento do número de atendimentos na saúde. Como a região conta apenas com um Hospital Público de Emergência, nesta região, o Hospital Estadual Rocha Faria, a Prefeitura e o Estado do Rio de Janeiro implantaram as UPAs (Unidades de Pronto Atendimento) em Campo Grande e nos bairros adjacentes. As UPAs estão localizadas nos sub-bairros, de modo a diminuir os atendimentos de menor gravidade no Hospital Público daquela região e em outras. Atualmente o município do RJ possui 33 UPAs, 14 municipais e 19 estaduais, sendo duas administradas pelo Estado na região de Campo Grande [19, 20]. Visto que o número de Unidades de Saúde havia aumentado, as UPAs têm em seu atendimento aparelhos de Raios X diagnóstico, na qual emitem radiação eletromagnética, e que nela havia os profissionais de saúde que podem lidar com os radiofármacos aqui citados, escolheu-se por coletar os dados nessa região. É importante ressaltar que os profissionais de saúde avaliados também podem sair das suas unidades para realizar outros exames de diagnóstico por imagem, tais como Tomografia Computadorizada por Radiação Ionizante, Tomografia por Emissão de Pósitron, Cateterismo Cardíaco e Angioplastia Coronária em outras unidades. O questionário (que se encontra em anexo) envolve questões objetivas referentes à natureza, radiação emitida, material de blindagem, meia-vida física, aplicação, reação adversa, entre outros dos radiofármacos aqui apresentados. O questionário foi respondido por 48 indivíduos, divididos em 4 grupos (com 12 em cada), sendo de alunos de graduação em farmácia e profissionais da área de saúde (técnicos em enfermagem, enfermeiros e médicos). A

Tabela 4: Número de acertos referente a questão e grupo.

Grupo	Número de acertos a cada questão										Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1 1	1 0	1 1	1 0	1 1	5	4	8	9	9	7,9 ± 0,7
2	8	5	1 1	4	5	6	7	7	5	7	5,3 ± 0,5
3	7	9	1 2	2	8	7	9	9	9	1 0	6,8 ± 0,6
4	6	4	1 0	2	5	7	7	4	4	7	4,8 ± 0,4

Onde:

**Grupo 1:** Alunos, **Grupo 2:** Técnicos em Enfermagem, **Grupo 3:** Enfermeiros e **Grupo 4:** Médicos

seguir são listadas as questões referentes aos radioisótopos  $^{123}\text{I}$  e  $^{131}\text{I}$  e seus respectivos assuntos. Questão 1 (isótopos), questão 2 (radiação emitida), questões 3 e 9 (radioproteção), questão 4 (meia-vida física), questão 5 (aplicações dos radiofármacos), questões 6, 7 e 8 (toxicidade) e questão 10 (efeitos da interação da radiação com o tecido biológico).

Vale a pena ressaltar que os profissionais avaliados têm em sua grade curricular, disciplinas que fornecem o conhecimento requerido nos questionários. São elas: Física Aplicada (no curso de Farmácia) e Biofísica (no curso de Enfermagem e Medicina).

Com base nos resultados obtidos com o questionário, construiu-se a Tabela 4 que relaciona o número de acertos referente a cada questão para cada grupo.

Observa-se que a 3ª questão obteve o maior número de acertos, aproximadamente 92%, seguida da 10ª questão, com aproximadamente 69%. Como já visto, a 3ª questão é referente ao material utilizado para blindagem da radiação  $\gamma$ . Este percentual mostra que a população como um todo tem o conhecimento do material de blindagem para radiação X e  $\gamma$ . Até mesmo realizando uma pesquisa semelhante em outras regiões e com pessoas de nível de escolaridade diferente, o maior índice de acerto se refere ao material de blindagem usado para tais radiações [21]. Entretanto, a grande maioria das pessoas ainda não utiliza ou solicita os equipamentos de proteção individual ao realizar ou acompanhar um exame radiográfico. A 10ª questão aborda os sintomas mais comuns consequentes do uso descontrolado da radiação ionizante. A questão com menor número de acerto foi 4ª questão (37,5%), referente à meia-vida física dos radiofármacos que utilizam como radioisótopos o iodo. Este resultado era de se esperar, pois a meia-vida, embora seja importante, é muito específica aos profissionais que trabalham ou estudam com os radioisótopos em questão. Contudo, é de grande importância, em termo de radioproteção, saber que as meias-vidas dos radioisótopos  $^{123}\text{I}$  e  $^{131}\text{I}$  são aproximadamente 13 h e 8 dias, respectivamente. Observou-se que as três questões com maiores números de acertos não se referiam explicitamente ao uso, toxicidade e aplicações dos radiofármacos, o que chama a atenção para essa questão, que é a falta de informação sobre os efeitos dos radiofármacos no organismo.

Tendo em vista que esta avaliação foi realizada com pes-

soas com no mínimo formação técnica na área de saúde, é importante ressaltar que a média apresentada na Tabela 4 não é positiva. A maior média, obtida pelos alunos, se deve ao fato dos mesmos estarem em contato constante com os assuntos abordados no questionário nas disciplinas cursadas. O que chamou a atenção na avaliação realizada foi a média obtida pelos médicos. Embora o questionário tenha sido respondido por médicos cuja sua especialização era a Clínica Médica em Emergência, os mesmos erraram questões consideradas triviais, como pode ser visto na Tabela 4. Os enfermeiros entrevistados obtiveram a segunda média mais alta, isso pode estar

associado ao fato de eles terem contato maior com os pacientes e observarem melhor a ocorrência de eventos adversos. Quanto à questão que trata do uso de proteção ao profissional que realiza o exame, o número de erros serviu como um alerta para a instrução dos profissionais de saúde sobre os princípios de radioproteção. Embora tenha se utilizado um número pequeno de dados, esses resultados chamam a atenção para a importância de manter os profissionais da saúde informados sobre a natureza e o uso da radiação, de maneira a proteger o paciente e o próprio profissional de exposições desnecessárias.

- [1] Patton, D.D., The Journal of Nuclear Medicine, The Birth of Nuclear Medicine Instrumentation: Blumgart and Yens. 44, nº 8, 1362-1365 (2003).
- [2] Colturato, M. T., Marcação do peptídeo intestinal vasoativo (VIP) e do fragmento VIP 10-28 com radioiodo por método direto. Estudo comparativo da cinética de biodistribuição e da afinidade por células de tumor neuroendócrino. São Paulo: IPEN, 2005. (Tese de Doutorado).
- [3] Luiz, L. C., Introdução à Física Radiológica em Radiologia Médica e Equipamentos Radiológicos. Rio de Janeiro, 2011.
- [4] Elias Junior et al., Revista Brasileira de Radiologia e Diagnóstico por Imagem, Complicações do uso intravenoso de agentes de contraste a base de gadolínio para ressonância magnética. 263-267 (2008).
- [5] Juchem, B. C e Dall'Agnol, C. M., Revista Latino Americana de Enfermagem, Reações adversas imediatas ao contraste iodado intravenoso em tomografia computadorizada, 1-15 (2007).
- [6] Araújo, E. B., Lavinias, T., Colturato, M. T e Mengatti, J., Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, Garantia da Qualidade Aplicada à Produção de Radiofármacos., 44, nº 1, 1-12 (2008).
- [7] Eliezer, M. C., A Energia Nuclear – Apostila Educativa, CNEN, 38-39.
- [8] Monteiro, K. T. S., A pesquisa de Linfonodo Sentinela no Câncer de Mama com a Utilização do Radiofármaco  $^{99m}\text{Tc}$  – Dextran. Rio de Janeiro: FABA. 2010. (Monografia).
- [9] Britannica On Line Encyclopedia [homepage on the Internet]. Classical Cyclotron, [cited/aceso 2011 Mar 20]. Available from: <http://www.britannica.com/EBchecked/media/59676/Plan-view-of-a-classical-cyclotron-Subatomic-particles-introduced-into>
- [10] Araújo, E. B., Fundamentos de Radiofarmácia. In: XXII CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOLOGIA E MEDICINA NUCLEAR E IMAGEM MOLECULAR, 2004, Aracajú.
- [11] Landini, L. M. S., Desenvolvimento de Sistema de Irradiação de Água Natural para Produção de  $^{18}\text{F}$  no Ciclotron do IPEN, São Paulo: IPEN, 1994. (Dissertação).
- [12] Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo [<http://revistapesquisa2.fapesp.br/?art=1137&bd=1&pg=1&lg=>]. Revista Pesquisa: Ipen lança iodo-123 ultrapuro. [aceso em 9 de Agosto de 2010].
- [13] Watamabe, T., Quando usar iodo-131 ou iodo-123 ou tecnécio- $^{99m}\text{Tc}$  nas cintilografias da tireóide? O preparo é diferente para estes isótopos? (2007).
- [14] Blumgart, H. L. e Yens, O. C., Studies on the velocity of blood flow: I. The method utilized. J Clin Invest. 4, 1-13 (1926).
- [15] Hertz, S., Robert, A. e Evans, R. D., Radioactive iodine as an indicator in the study of thyroid physiology. Proc. Soc. Exptl. Biol.Med., v.38, 510-513 (1938).
- [16] Halliday, D., Resnick, R e Walker, J., Fundamentos de Física, vol 3, 4ª Ed. cap 30, LTC (1996).
- [17] Chung, K. C., Introdução à Física Nuclear, Rio de Janeiro, EdUERJ (2001).
- [18] Parceiros do RJ TV mostram crescimento imobiliário em Campo Grande. Disponível em <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/parceiro-rj/noticia/2011/05/parceiros-do-rj-mostram-crescimento-imobiliario-em-campo-grande.html>
- [19] Secretaria Municipal de Saúde e Defesa Civil – Unidade de Pronto Atendimento (UPA). Disponível em <http://www.rio.rj.gov.br/web/smsdc/exibeconteudo?article-id=2243621>
- [20] Portal da Saúde do RJ – Endereço de todas as UPAs estaduais. Disponível em <http://www.saude.rj.gov.br/upas-24-horas/13473-enderecos-de-todas-as-upas-estaduais.html>
- [21] Luiz, L.C., Batista, R. T. e Oliveira, L. F., Revista Brasileira de Física Médica, O uso de ilustrações no ensino e no setor de radiologia como uma proposta para construção dos conceitos de física radiológica e radioproteção. 5(3), 245-52 (2011).

## Anexo

### Questionário

- Os radioisótopos  $^{123}\text{I}$  e  $^{131}\text{I}$  são considerados isótopos por apresentarem:
  - mesmo número de nêutron em seu núcleo.
  - mesmo número de prótons em seu núcleo.
  - mesmo número de massa.
  - mesmo número de elétrons em seu núcleo.
- A radiação predominante dos radioisótopo  $^{123}\text{I}$  é:
  - alfa.
  - beta.
  - gama.
  - radiação X.
- Sabendo-se que o radioisótopo  $^{131}\text{I}$  tem emissão predominante de radiação  $\gamma$  e  $\beta$ , responda qual o melhor material para blindagem da radiação  $\gamma$ :

- (a) alumínio  
(b) ferro  
(c) chumbo  
(d) tijolo de alvenaria
4. A meia vida física é compreendida como o tempo necessário para a atividade de um elemento radioativo ser reduzida à metade da atividade inicial. Qual dos radioisótopos que utilizam o iodo apresenta menor meia vida física:
- (a)  $^{123}\text{I}$   
(b)  $^{131}\text{I}$   
(c) ambos têm a mesma meia vida física  
(d) eles não possuem meia vida
5. Os radiofármacos que utilizam os  $^{123}\text{I}$  e  $^{131}\text{I}$  são aplicados no corpo humano principalmente:
- (a) no coração  
(b) no cérebro  
(c) no sistema ósseo  
(d) na tireóide
6. Quais os efeitos tóxicos mais comuns causados pelo uso do contraste endovenoso?
- (a) IRA (insuficiência renal aguda)  
(b) disfunção hepática  
(c) sistema cardiovascular  
(d) dermatites
7. Para evitar ou diminuir a toxicidade do contraste endovenoso, a precaução mais importante é:
- (a) uso de diuréticos e vasodilatadores  
(b) uso de anti-histamínicos e hidratação vigorosa  
(c) uso de acetilcisteína  
(d) não é necessário nenhum preparo
8. As características físico-químicas do contraste endovenoso tem alguma influência para o efeito dele?
- (a) Sim, pode aumentar ou diminuir a toxicidade dele.  
(b) Sim, pode ter alterações sobre a toxicidade e sobre a penetração nos tecidos onde o contraste deve agir.  
(c) Sim, mas não tem relação sobre a toxicidade, apenas sobre os efeitos de contraste.  
(d) Não tem influência alguma.
9. Os radiofármacos ao serem administrados no paciente exigem do profissional que o aplica medidas de proteção?
- (a) Sim, mas apenas o avental de algodão é suficiente.  
(b) Sim, e é necessário o avental plumbífero.  
(c) Sim, mas não existe proteção adequada, apenas diminuir a exposição ocupacional.  
(d) Não é necessário proteção.
10. Quais os efeitos mais comuns da radiação descontrolada no organismo?
- (a) queda de cabelo, anemia, esterilidade.  
(b) hipertensão, diabetes.  
(c) arritmias, náuseas e vômitos.  
(d) insuficiência respiratória severa.

Gabarito

- 1) B 2) C 3) C 4) A 5) D  
6) A 7) B 8) B 9) B 10) A