

ação ergonômica volume 6, número 1

A ERGONOMIA EM PROJETOS DE AUTOMATIZAÇÃO: ESTUDO DE CASO NO SETOR DE EXPEDIÇÃO DE RADIOFÁRMACOS DE UM INSTITUTO DE PESQUISAS DO GOVERNO FEDERAL

Cláudio Henrique dos Santos Grecco

Comissão Nacional de Energia Nuclear Instituto de Engenharia Nuclear
grecco@ien.gov.br

Marcos Santana Farias

Comissão Nacional de Energia Nuclear Instituto de Engenharia Nuclear
msantana@ien.gov.br

Mario Cesar Rodrigues Vidal

Programa de Engenharia de Produção/COPPE/UFRJ
mvidal@ergonomia.ufrj.br

Mauro Victor de Oliveira

Comissão Nacional de Energia Nuclear Instituto de Engenharia Nuclear
mvitor@ien.gov.br

Isaac José Antônio Luquetti dos Santos

Comissão Nacional de Energia Nuclear Instituto de Engenharia Nuclear
luquetti@ien.gov.br

Paulo Victor Rodrigues de Carvalho

Comissão Nacional de Energia Nuclear Instituto de Engenharia Nuclear
paulov@ien.gov.br

Resumo: Radiofármacos são fármacos radioativos utilizados no diagnóstico ou tratamento de patologias e disfunções do organismo humano. Uma vez administrado ao paciente, o radiofármaco deposita-se no órgão ou tecido alvo e imagens podem ser adquiridas a partir da detecção da radiação proveniente do paciente, utilizando-se equipamentos apropriados. Este trabalho apresenta um projeto de automatização da atividade de monitoração radiológica de radiofármacos em um Instituto de Pesquisa do Governo Federal, localizado no Rio de Janeiro. Este projeto de automatização é o resultado de uma Análise Ergonômica do Trabalho (AET) realizada no setor de expedição de radiofármacos. Partiu-se de uma demanda gerencial que indicava problemas de natureza física (transporte de materiais pesados pelos trabalhadores, exposição dos trabalhadores à radiação ionizante) e cognitiva (pressão temporal na execução das atividades). Pela metodologia AET constatou-se que a exposição dos trabalhadores à radiação ionizante na monitoração dos radiofármacos embalados era o problema mais grave.

Palavras chave: ergonomia, análise ergonômica do trabalho, automatização, radiofármacos.

Abstract: Radiopharmaceuticals are radioactive drugs used for diagnosing or treating diseases of the human organism. When the radiopharmaceutical is administered to the patient, it is deposited in the target tissue or organ and images can be acquired from the radiation detection from the patient, using appropriate equipment.

This paper presents a project to automate the activity of radiological monitoring of radiopharmaceuticals in a Research Institute of the Federal Government, located in Rio de Janeiro. This automation project is the result of an Ergonomic Work Analysis performed in the radiopharmaceuticals expedition sector. We started from a managerial demand that indicated physical problems (transport of heavy materials by workers, exposure of workers to ionizing radiation) and cognitive problems (time pressure in the execution of activities). By Work Ergonomic Analysis it was evidenced that the exposure of workers to ionizing radiation in the monitoring of packed radiopharmaceuticals was the most serious problem.

Keywords: ergonomics, work ergonomic analysis, automation, radiopharmaceuticals.

1. INTRODUÇÃO

Ergonomia é a ciência que lida com o estudo das características dos trabalhadores para adaptar as condições de trabalho a essas características. IIDA (2005) relata que o objetivo da ergonomia é investigar aspectos do trabalho que possam causar desconforto aos trabalhadores e propor modificações nas condições de trabalho para torná-las confortáveis e saudáveis.

A análise Ergonômica do Trabalho (AET) é um modelo metodológico que possibilita através do ponto de vista da atividade, compreender e correlacionar os determinantes das situações de trabalho com as suas conseqüências para os trabalhadores e para o sistema de produção (GUÉRIN, 2001). Desta forma, a AET permite à empresa compreender as dificuldades encontradas em um determinado lugar e identificar os pontos que devem ser objeto das transformações dessas situações de trabalho.

Os resultados das aplicações de Análise Ergonômica do Trabalho (AET) naturalmente variam de acordo com os tipos de demandas, quais sejam: demandas trabalhistas, demandas de certificação e demandas de modernização. Segundo VIDAL (2008), começar uma Análise Ergonômica do

Trabalho (AET) significa identificar a natureza da demanda que a engendra, seja ela específica a uma categoria, seja ela um *mix* de motivações.

Este trabalho apresenta um projeto de automatização da atividade de monitoração radiológica de radiofármacos em um Instituto de Pesquisa do Governo Federal, localizado no Rio de Janeiro. Este projeto de automatização é o resultado de uma Análise Ergonômica do Trabalho (AET) realizada no setor de expedição de radiofármacos. As atividades de expedição de radiofármacos são executadas pelos trabalhadores do Setor de Proteção Radiológica (SEPRA). Nas etapas desta AET, as informações de aspectos físicos, cognitivos e organizacionais que interferem no desempenho seguro e produtivo da equipe que realiza a expedição dos radiofármacos foram conseguidas por meio de observações, conversações e registros (fotografias e filmagens).

Este Instituto de Pesquisas é uma unidade vinculada ao Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT). Suas atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação geram produtos e serviços como patentes, publicações, licenciamento de tecnologias, fornecimento de radiofármacos, ensaios e análises de materiais, recolhimento de



rejeitos radioativos, consultorias e formação de recursos humanos.

O SEBRA atua nas instalações deste Instituto, de modo a proporcionar práticas seguras na execução das atividades que envolvem o manuseio de materiais radioativos e a exposição a radiações ionizantes. Este setor ainda atua no processo de fabricação de radiofármacos, garantindo o cumprimento dos requisitos de segurança radiológica em todo o processo, e executa a rotina de expedição.

Este Instituto de Pesquisas produz dois tipos de radioisótopos, o iodo-123 ultrapuro e o flúor-18, usados como marcadores em diversos radiofármacos, dos quais o Instituto fornece três:

Iodeto de sódio: O radioisótopo iodo-123, na forma do radiofármaco iodeto de sódio, é fornecido em uma solução aquosa, límpida e não injetável. Sua administração se dá por via oral. É utilizado para estudar a função da glândula tireóide.

Meta-iodobenzilguanidina (MIBG): O radiofármaco meta-iodobenzilguanidina, marcado com iodo-123, é fornecido em uma solução isotônica, límpida, injetável. É utilizado para diagnóstico de neuroblastomas e doenças cardíacas. Por ter uma meia-vida de apenas 13,2 horas, o iodo-123 (MIBG) permite o diagnóstico de doenças cardíacas e tumores. Já o iodo-131 (MIBG) por ter uma vida maior (oito dias) é mais adequado para a utilização com doses maiores no tratamento de tumores.

Com a produção do iodo-123 ultrapuro, este Instituto segue uma tendência mundial de disponibilizar radioisótopos de meia-vida curta para a realização de exames e terapias. Por ter uma meia-

vida de apenas 13,2 horas, o iodo-123 substitui com vantagens o iodo-131 permitindo a realização de exames menos agressivos para o paciente (TEWSON e KROHN, 1998).

Fluordesoxiglicose (FDG): A fluordesoxiglicose é formada por moléculas de glicose, marcadas com o radioisótopo flúor-18. Seu emprego vai da oncologia, inclusive distinguindo metástases de tumores originais, à cardiologia, neurologia e doenças infecciosas. Este radiofármaco é uma ferramenta de grande precisão no diagnóstico de patologias em que haja metabolismo de glicose. É utilizado em exames do tipo SPECT (tomografia por emissão de fóton único) ou PET (tomografia por emissão de pósitrons), esse último com uma resolução de imagem capaz de detectar tumores a partir de 2mm. Por sua meia-vida muito curta, de apenas 109 minutos, só pode ser comercializado pelo Instituto para hospitais e clínicas da capital do Rio de Janeiro e cidades próximas.

2. INSTRUÇÃO DA DEMANDA

O início desse estudo, deu-se em março de 2009, em conversas e reuniões com o coordenador e o chefe do SEBRA, os responsáveis pelo setor de expedição de radiofármacos.

Segundo os responsáveis pelo setor, a força de trabalho é composta por nove trabalhadores, sendo que a expedição dos radiofármacos é feita por três trabalhadores, em escala semanal. As seguintes tarefas são realizadas: embalagem dos radiofármacos,



monitoração do embalado, monitoração do veículo e documentação dos radiofármacos.

No decorrer da reunião, as verbalizações do chefe do SEBRA mostra como esta chefia vê os problemas do setor:

“A expedição é muito artesanal... Minha equipe carrega materiais, blindagens, muito pesados até o veículo que realizará o transporte dos radiofármacos”

“50 % da minha equipe está acima dos 50 anos..”

“...uma maneira mais rápida de medir a radiação nos embalados. Isso diminuiria o tempo de exposição dos trabalhadores.”

O coordenador , expressou o problema do setor com a seguinte expressão:

“...um setor crítico, pois existem pressões temporais, esforços físicos e atividades artesanais...”

3. ANÁLISE GLOBAL

A indicação metodológica é que a demanda gerencial sirva apenas para guiar as primeiras interlocuções e observações em um empresa. Desta forma, a metodologia AET recomenda uma análise global da empresa, por meio da qual se torna possível uma análise da demanda. De acordo com VIDAL (2008), o preceito metodológico é conhecer um pouco mais a empresa mediante técnicas de levantamento e observação que permitam ao praticante de ergonomia examinar *in loco* os conteúdos que lhe foram passados pela demanda

gerencial. É nesta etapa de análise global da situação, que se busca ampliar as informações sobre os principais processos e produtos da empresa, sobre a população de trabalhadores e sobre os elementos da organização do trabalho.

3.1. Contextualização do Instituto

Este Instituto de Pesquisa é uma unidade vinculada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, situado no Rio de Janeiro.

Desde sua fundação, este Instituto vem contribuindo para o domínio nacional de tecnologias na área nuclear e correlata.

Este Instituto possui uma Política de Segurança, Meio Ambiente e Saúde, um Plano de Proteção Radiológica (PPR), um Plano Geral de Emergência (PGE), um Programa de Monitoração Ambiental (PMA), um Programa de Gerenciamento de Rejeito Radioativo (PGRR) e um Plano de Intenção à Saúde do Trabalhador (PIST).

Hoje as principais competências do Instituto são identificadas por seus projetos estruturantes: os centros de Reatores Avançados e Inovadores (Engenharia de Reatores e Engenharia de Salas de Controle), de Aplicações de Técnicas Nucleares (na indústria e na medicina) e de Química e Materiais Nucleares. Além disso, neste Instituto há também os programas de pós-graduação, de produção de radiofármacos e de recolhimento e armazenamento de rejeitos.

Sua força de trabalho atual é constituída por 268 servidores, 37 colaboradores e 65 terceirizados. O perfil do quadro funcional é mostrado nas figuras 1, 2 e 3.

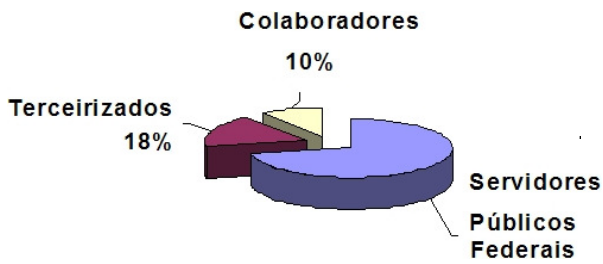


Figura 1: Composição do pessoal.



Figura 2: Escolaridade dos servidores.

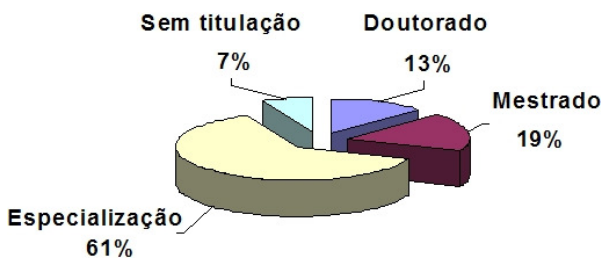


Figura 3: Titulação dos servidores.

3.2. Contextualização do SEPRA

A equipe de técnicos do SEPRA tem como missão garantir a obediência às normas e às práticas seguras na execução das atividades que envolvem o manuseio de materiais radioativos e a exposição a radiações ionizantes. Os técnicos atuam ainda na produção de radiofármacos, garantindo o cumprimento dos requisitos de segurança na fabricação, no controle da qualidade, na expedição e no transporte do produto.

Sua força de trabalho atual é constituída por 13 servidores. O perfil do quadro funcional deste

setor é mostrado nas figuras 4, 5 e 6.

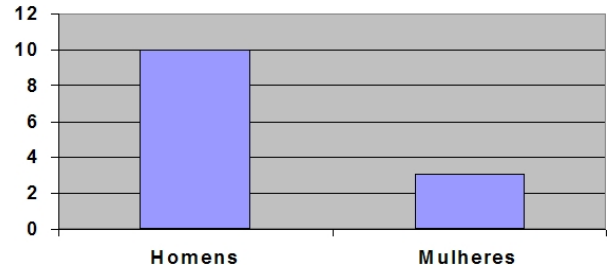


Figura 4: Gênero dos servidores.

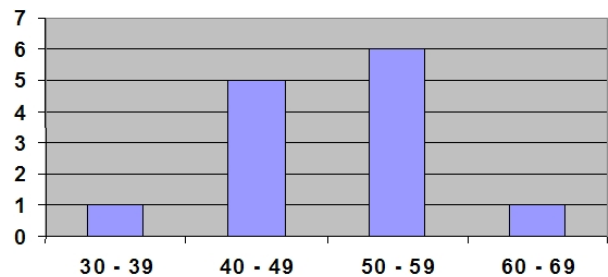


Figura 5: Faixa etária dos servidores.

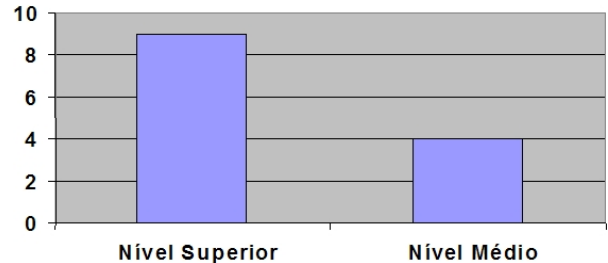


Figura 6: Faixa etária dos servidores.

No setor não há repartição por sexo e nem por faixa etária. Os treze servidores (funcionários) são divididos em grupos de três, trabalhando em escalas, na expedição de radiofármacos.

As informações colhidas no Serviço de Saúde e Segurança do Trabalhador do Instituto revelaram que não há altos índices de absenteísmo ou licenças médicas no setor. Também não há ocorrência de doenças relativas à atividade de trabalho.

As informações colhidas no setor, com relação às doenças e problemas de saúde, revelaram

que quatro servidores apresentam problemas de saúde: um com hérnia de disco, uma com escoliose, um com artrose e outro com lateralização da patela. Os demais não apresentam doenças e/ou problemas de saúde relevantes para o estudo.

3.3 Análise da Atividade

Verificamos que as variações climáticas interferem nas atividades externas da equipe técnica do setor de expedição de radiofármacos, visto que a equipe necessita realizar a monitoração do veículo que transportará os radiofármacos (figura 7), assim como a monitoração ambiental da área em torno dos Ciclotrons (figura 8). Essas atividades são realizadas em áreas descobertas, sendo assim, caso chova, haverá dificuldades e problemas na execução das mesmas. Essas atividades são estabelecidas por normas (CNEN-NN-3.01, 2005; CNEN-NN-3.02, 1998; CNEN-NN 5.01, 1988; CNEN-NN 6.01, 1998; NBR 7501, 2005) e são mostradas nas figuras 7 e 8.



Figura 7: Monitoração de área.



Figura 8: Monitoração do veículo.

Um dos principais problemas observados que refletem na saúde e segurança dos trabalhadores foi a

exposição dos trabalhadores a radiação ionizante, durante a monitoração radiológica dos embalados (produtos). Não há automatização desta monitoração radiológica. Por meio de observações, filmagens e fotos, verificamos que os trabalhadores monitoram os radiofármacos embalados com um dosímetro portátil em quatro pontos e a uma distância de 1,0 metro, ficando expostos a radiação e com posturas forçadas (figura 8a). Além disso, a documentação de expedição é finalizada durante esta atividade, com a digitação dos valores (dados) das medidas e informações adicionais necessárias (figura 8b).



Figura 8: Monitoração do radiofármaco (a) e confecção da documentação de expedição (b).

Os trabalhadores relataram queixas referentes a esta atividade:

“...o processo de expedição tem que automatizar visando minimizar as doses...”

(Esta pessoa quis dizer que a atividade de monitoração tem que ser automatizada).

“...recebemos dose de radiação quando estamos medindo os radiofármacos...”

Os discursos vão de encontro as observações, que a automatização da monitoração dos radiofármacos seria uma proposta de melhoria desta atividade de trabalho.

Esta atividade de trabalho exige:

- a) Equipamentos e instrumentos: Monitores de radiação, microcomputador para confecção de documentos de expedição, monitores de radiação pessoais (dosímetros) e luvas.
- b) Cognição: Reconhecimento de medidas radiológicas, reconhecimento de situações de perigo, manipulação de planilha dados eletrônica e de informações para confecção de documentos de expedição, conhecimento e avaliações de procedimentos de segurança e ações de emergência.
- c) Esforços físicos: Emprego de força para transporte (manipulação) dos radiofármacos embalados;
- d) Pressão temporal: Tarefas executadas com rapidez, devido à curta meia-vida dos radiofármacos.

4. RECONSTRUÇÃO DA DEMANDA

Na reconstrução da demanda junto ao coordenador e ao chefe do setor de expedição, os problemas observados foram expostos: pressão temporal, trabalho em área descoberta, esforços físicos, posturas forçadas e exposição à radiação devido a falta de automatização. As chefias também perceberam que o principal problema é a exposição

dos trabalhos a radiação ionizante. Desta forma, neste trabalho focaremos na automatização da atividade de monitoração do radiofármaco. Com esta automatização pretendemos diminuir a exposição dos trabalhadores a radiação ionizante, os esforços físicos, as posturas forçadas e a pressão temporal.

A recomendação para cobrir o espaço utilizado pelos trabalhadores para a monitoração do veículo que irá transportar os radiofármacos foi informada para as chefias.

5. MODELAGEM OPERANTE

Neste item, mostramos os métodos e técnicas de busca e coleta dos elementos que sustentam as transformações positiva da situação de trabalho, no caso, a automatização no setor.

De acordo com VIDAL (2008), a modelagem ergonômica significa captar uma parte do essencial de uma atividade de trabalho que permita à equipe de ergonomia indicar as mudanças necessárias para a transformação positiva.

5.1 Focalização e Observáveis

Por meio de filmagem, utilizamos a ficha de emprego de tempo para o levantamento do tempo das atividades de expedição de radiofármacos. A partir desta ficha, apresentamos a tabela 1 que mostra as atividades, seus tempos de execução e suas porcentagens em relação ao ciclo completo do processo de expedição. Percebemos que a

monitoração do radiofármaco embalado é a atividade de maior tempo de execução e conseqüentemente com maior tempo de exposição à radiação, devido à falta de automatização desta atividade.

Tabela 1: Tempo das atividades do processo de expedição de radiofármacos.

Atividades	Tempo (s)	Tempo (%)
Transporte de carga	35	22
Monitoração do embalado	60	38
Embalagem	30	18
Confecção da documentação	35	22
Ciclo completo do processo	160	100

5.1. Modelo Operante

O modelo operante têm por finalidade esclarecer os termos na negociação das transformações positivas. A figura 9 mostra o *banner* do modelo operante. Neste *banner* apresentamos:

- uma fotografia da situação atual da atividade de monitoração do radiofármaco embalado e um desenho da proposta de automatização do setor;
- a ficha de emprego de tempo, para mostrar que a atividade de monitoração do radiofármaco embalado, representa quase 40% do ciclo completo do processo de expedição do radiofármaco. Com a automatização pretende-se diminuir este tempo. Além disso, com esta

automatização os trabalhadores vão executar a monitoração a distância (remotamente), diminuindo a exposição à radiação e as posturas forçadas;

- lista de problemas observados no setor: exposição à radiação, posturas forçadas e pressão temporal;
- o diagnóstico acerca da situação de trabalho e o encaminhamento para transformação positiva desta situação de trabalho.



Figura 9: *Banner* do modelo operante.

6. PROJETO CONCEITUAL

O desenho do projeto conceitual de automatização proposto para o setor de expedição de radiofármacos é apresentado na figura 10. Para esta automatização serão utilizados dois Monitores de Radiação MRA 7027 (figura 10), desenvolvidos e fabricados pelo Instituto de Pesquisa e um prato giratório motorizado, controlados remotamente por meio de uma computador ligado em rede local. Um monitor de radiação será instalado próximo ao prato

giratório para a monitoração das quatro faces do radiofármaco embalado (balde) e o outro monitor será instalado a 1 metro do embalado para monitorar as quatro faces e registrar a maior medida entre as quatro. As medidas serão integradas às planilhas de dados utilizadas na confecção da documentação de expedição. Desta forma, pretende-se melhorar, também, a confiabilidade da confecção dos documentos de expedição, visto que atualmente, os valores das medições dos embalados são informados verbalmente pela pessoa que está realizando as medidas a uma outra pessoa que irá expedir a documentação, conforme mostrado na figura 11.



Figura 10: Monitor de Radiação MRA 7027

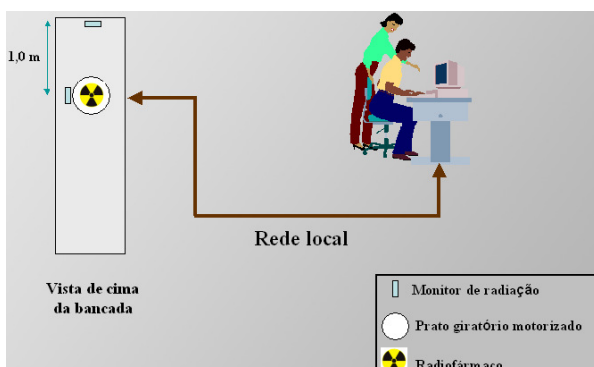


Figura 11: Proposta de automatização para o setor de expedição de radiofármacos.

Na situação atual de trabalho, pode haver falhas no entendimento dos valores das medidas fornecidos verbalmente e com isso a documentação pode ser confeccionada com erros.

7. VALIDAÇÃO E RESTITUIÇÃO

Uma parte importante da Análise Ergonômica do Trabalho se constitui nesta fase de validação e restituição (V&R). Esta fase consiste em verificar na empresa e junto aos setores analisados se os resultados obtidos correspondem à realidade, sendo esta verificação atestada pelos próprios observados. VIDAL (2008) chama de validação ao aspecto técnico e integrador deste processo e de restituição ao seu sentido deontológico e holístico.

Esta fase de V&R foi realizada por meio de reuniões com as chefias e os trabalhadores do setor. As reuniões foram participativas, com valiosas sugestões de funções para o *software* e de *layout* para a *interface* que irá controlar os monitores de radiação e o prato giratório. Dentre as sugestões podemos destacar:

- Uma tela com informações das quatro medidas de radiação (taxa de dose) do radiofármaco embalado dos dois monitores de radiação;
- Registro do maior valor da medida de radiação (taxa de dose) da face e a 1 metro;
- Ícone para interromper (parar) o processo de medição;
- Uma tela para gerar a documentação de

expedição.

8. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

Neste item apresentaremos os equipamentos e materiais utilizados para implementação da automatização da atividade de monitoração dos radiofármacos embalados e as fases de implementação do projeto.

8.1. Equipamentos e Materiais

- **Monitor de Radiação**

Para monitoração radiológica dos radiofármacos embalados será utilizado dois Monitores de Radiação modelo MRA 7027 (figura 10), desenvolvidos pelo Instituto.

O Monitor de Radiação MRA 7027 é um monitor de área digital que pode ser conectado a diferentes tipos de sondas para monitorar radiações ambientais. Normalmente ele é utilizado em conjunto com a Sonda Geiger-Müller SGM 7027 para detecção de radiações gama e raios X, podendo ser utilizado também com outras sondas, tais como, SPQ 7026 para detecção de contaminação superficial alfa, beta e gama, SNT 7026 para detecção de nêutrons e SCT 7026 para detecção de radiação gama e raios X. O MRA 7027 pode ser utilizado isoladamente como um monitor de radiação de área como pode ser utilizado em rede com outros monitores MRA 7027 conectado a um computador

supervisório através do seu canal de comunicação serial.

O monitor funciona nos modos de medidor de taxa de contagem, medidor de taxa de exposição ou taxa de dose.

- **Conjunto prato giratório**

O conjunto prato giratório é formado, basicamente, por uma base circular (prato giratório) feito de material plástico tipo PVC com 31 cm de diâmetro, um motor tipo passo a passo de 12 V, uma fonte de alimentação de 12 VCC para alimentar o motor e um módulo de alumínio para montagem do conjunto.

As figuras 12 e 13 mostram o conjunto prato giratório.

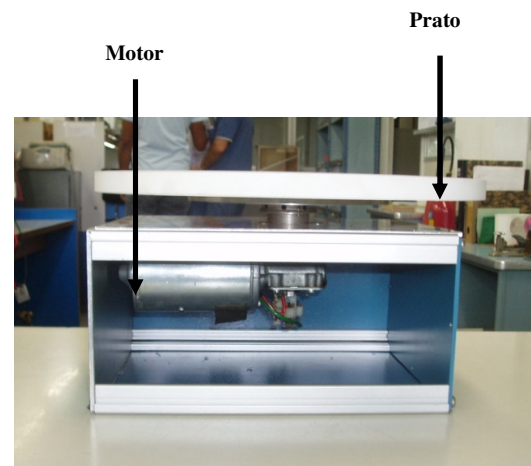


Figura 12: Conjunto prato giratório.



Figura 13: Conjunto prato giratório com o balde.

8.2 Montagem e Calibração dos Monitores de Radiação

Para aumentar a sensibilidade de detecção da radiação ionizante com energias de 169 keV, energia do elemento radioativo Iodo-123 e de 511 keV, energia do elemento radioativo Fluor-18, uma nova sonda detectora foi projetada para o Monitor de Radiação MRA 7027. Esta nova sonda utiliza o detector Geiger-Müller LND 725, que possui tamanho e volume maior do que o detector Geiger-Müller LND 713 utilizado na sonda original. Um novo filtro de compensação de energia também foi desenvolvido, assim como, um novo projeto mecânico para a sonda.

Foram fabricados dois monitores com as respectivas novas sondas. A figura 14 apresenta a fotografia de um monitor em fase de fabricação. A calibração radiológica e eletrônica do Monitor de Radiação MRA 7027 com a nova sonda foi realizada por meio de feixes de raios X com energias semelhantes aos radioisótopos iodo-123 ultrapuro e

flúor-18. A figura 15 mostra o arranjo montado para a calibração.



Figura 14: Monitor MRA 7027 em fase de fabricação.

Gerador de raios X

Nova sonda

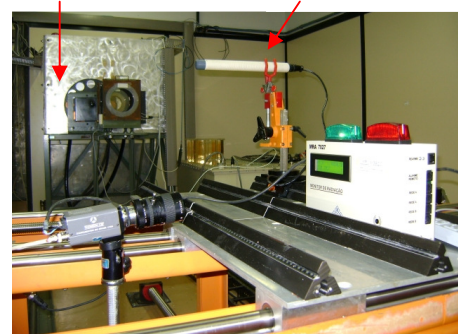


Figura 15: Arranjo para a calibração do Monitor de Radiação MRA 7027.

O MRA 7027 com a nova sonda foi testado no setor de expedição pelos trabalhadores. Foram realizadas medidas comparativas entre o MRA 7027 e o monitor de radiação utilizado para a monitoração do radiofármaco embalado. As medidas apresentaram valores semelhantes, com incertezas dentro da incerteza máxima especificada por norma (IEC60486, 1999). Desta forma, os trabalhadores

validaram com o desempenho do MRA 7027. A figura 16 mostra os testes realizados no MRA 7027.



Figura 16: Testes realizados no MRA 7027 no setor de expedição de Radiofármacos.

Os trabalhadores irão interagir com o conjunto prato giratório e os monitores de radiação por meio de interfaces gráficas. As interfaces foram desenvolvidas utilizando o software LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*). O LabVIEW é uma plataforma de desenvolvimento gráfico para aplicações científicas e de engenharia, como controle e teste. Dentro do LabVIEW, é possível construir interfaces, painéis frontais com controles e indicadores. Os controles podem ter diversas formas de botões (giratórios, deslizantes ou de pressionar), campos para entradas de texto, e outros mecanismos de entrada (NI, 2003).

O projeto das interfaces foi centrado nos usuários e na sua atividade, ou seja, focado nas pessoas, no trabalho realizado e na tecnologia disponível. O projeto levou em consideração a opinião e as sugestões dos trabalhadores do setor, relatadas na fase de validação do trabalho. O objetivo foi garantir a participação dos futuros usuários para otimizar a eficiência da interação usuários/equipamento e aumentar a confiabilidade operacional.

A figura 17 mostra a tela “Medições”. Esta tela apresenta a medida da taxa dose da radiação das 4 faces e a 1 metro do radiofármaco embalado, os controles (botões) para inicializar e parar as medidas e uma indicação de processamento das medidas. Quando o botão “Iniciar Medidas” é pressionado as medidas de taxa de dose de radiação são registradas a cada giro automático do conjunto prato giratório.

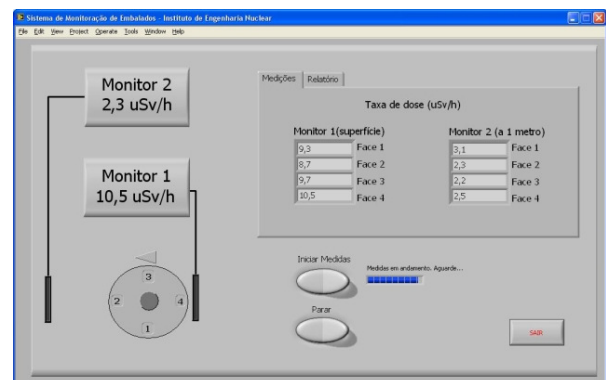


Figura 17: Interface de controle da automação: tela “Medições”.

A figura 18 mostra a tela “Relatórios”. Esta tela apresenta os valores máximos de taxa de dose de radiação medidos na face e a 1 metro do radiofármaco embalado e permite a entrada de dados (código do cliente, radionuclídeo, forma química e código da transportadora) necessários para a confecção dos relatórios (documentação) de expedição (declaração, IATA e transporte) (IATA, 2009). A pedido dos trabalhadores, a formatação dos relatórios foi mantida.

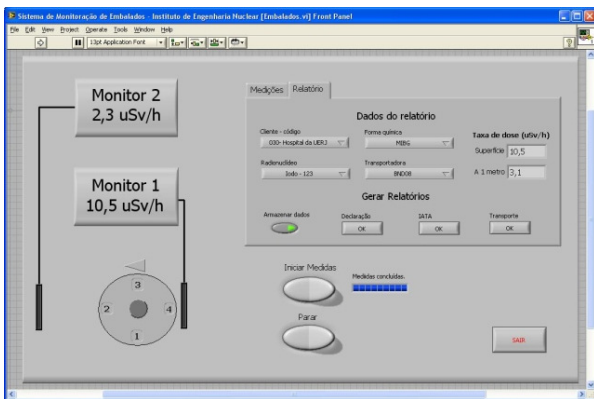


Figura18: Interface de controle da automação: tela “Relatórios”.

9. CONCLUSÕES

No decorrer deste trabalho, pôde-se constatar que a Análise Ergonômica do Trabalho, com suas características e propriedades de foco, ordenação e sistematicidade, permitiu modelar, caracterizar e descrever as atividades no setor de expedição de radiofármacos do Instituto de Engenharia Nuclear.

A demanda gerencial que enunciava problemas de natureza física (carregamentos de pesos, faixa etária elevada dos trabalhadores, exposição a radiação) e cognitiva (pressão temporal na execução das atividades) foi constatada pelo trabalho de campo sistematizado. Este trabalho de campo utilizando os métodos observacionais e interacionais da AET possibilitou a caracterização final da demanda ergonômica: a automatização da atividade de monitoração (medição) do radiofármaco embalado.

A principal transformação positiva da situação de trabalho está no fato, de que com a automatização, os trabalhadores ficarão distante dos

radiofármacos embalados, diminuindo consideravelmente a exposição à radiação. Espera-se também, uma diminuição do tempo de execução das atividades de monitoração e de confecção da documentação, reduzindo a pressão temporal.

Os efeitos prejudiciais da radiação dependem da quantidade (dose), da duração da exposição e do grau de exposição (TAUHATA *et al*, 1999). Uma única dose rápida de radiação pode ser fatal, mas a mesma dose total aplicada ao longo de semanas ou meses pode produzir efeitos mínimos. A dose total e o grau de exposição determinam os efeitos imediatos sobre o material genético das células. Como não existe uma dose “segura” de exposição sob o ponto de vista genético, qualquer exposição à radiação pode envolver um certo risco de indução de efeitos hereditários e somáticos. Qualquer atividade envolvendo radiação ou exposição deve ser justificada em relação a outras alternativas e produzir um benefício líquido para a sociedade (GRECCO, 2001).

O projeto de uma automatização centrada nos usuários e na sua atividade é um processo realizado com foco nas pessoas, no trabalho realizado e na tecnologia disponível. O envolvimento do usuário deve trazer importantes benefícios para o desenvolvimento, ligados a qualidade intrínseca e a aceitação do sistema. Esta é a forma mais segura de garantir que o sistema desenvolvido atenda os requisitos explícitos e implícitos dos usuários, e assim, seja por eles aceito. Desta forma, o objetivo principal foi garantir a participação dos futuros usuários durante todo o processo de desenvolvimento, enfatizar a aplicação dos conceitos

ergonômicos, critérios de usabilidade, seguindo os padrões ergonômicos contidos nas normas e *guidelines* de fatores humanos (ISO 9241, 1998; NBR 9241-11, 2002), otimizar a eficiência da interação usuários equipamento e aumentar a confiabilidade operacional.

Com a automatização, espera-se melhorar a confiabilidade da confecção dos documentos de expedição, visto que os valores das medições de radiação dos embalados serão integrados aos relatórios.

Por fim, a interação com o processo de fabricação de radiofármacos, que são utilizados na medicina nuclear para radioterapia e para exames de diagnóstico por imagem, as conversações com as chefias e técnicos, a receptividade das pessoas e os resultados obtidos garantem a relevância dos estudos no setor.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT. **Transporte Terrestre de Produtos Perigosos**, NBR 7501. Rio de Janeiro: 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA – ABNT. **Requisitos Ergonômicos para Trabalho de Escritórios com Computadores. Parte 11 – Orientações sobre Usabilidade**, NBR 9241. Rio de Janeiro: 2002.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - CNEN. **Diretrizes Básicas de Radioproteção**, CNEN-NN-3.01. Rio de Janeiro: 2005.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - CNEN. **Requisitos para o Registro de Pessoas Físicas para o Preparo, Uso e Manuseio de Fontes radioativas**. CNEN-NN-6.01. Rio de Janeiro: 1998.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - CNEN. **Serviços de Radioproteção**, CNEN-NN-3.02. Rio de Janeiro: 1998.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - CNEN. **Transporte de Materiais Radioativos**, CNEN-NN-5.01. Rio de Janeiro: 1988.

GRECCO, C. H. S. **Resposta de Monitores de Radiação para a Grandeza Equivalente de Dose Ambiente, H*(10)**. Dissertação de Mestrado. Instituto Militar de Engenharia: 2001.

GUÉRIN, F. **Compreender o Trabalho para Transformá-lo – A Prática da Ergonomia**. São Paulo: Editora Edgar Blucker, 2001.

IIDA, I., 2005. **Ergonomia – Projeto e Produção**. São Paulo: Editora Edgar Blucker, 2005.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION – IATA. **Dangerous Goods Regulations**. 50th Edition. Effective 1 January 2009.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION – IEC. **Radiation Protection Instrumentation – Ambient and/or Directional Dose Equivalent (Rate) Meters and/or Monitors for Beta, X and Gamma Raadiation**. Revision of IEC 60846, 1999.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR
STANDARDIZATION - ISO. **Ergonomic
requirements for office work with visual display
terminals (VDTs). Part 11: Guidance on usability.**
ISO 9241, 1998.

NATIONAL INSTRUMENTS - NI.
LabVIEW – User Manual. USA: Texas, 2003.

TAUHATA, L., SALATI, I. P. A., et al.
Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos. Rio de
Janeiro: IRD/CNEN, 1999.

TEWSON, T.J, KROHN, K.A. **Pet
radiopharmaceuticals: state-of-the-art and future
prospects.** Semin. Nucl. Med., v.28, n.3, p.221-234,
1998.

VIDAL M. C. R. **Guia para Análise
Ergonômica do Trabalho (AET) na Empresa.** Rio
de Janeiro: Ed. Virtual Científica, 2008.