

PROJETO DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

Passo Fundo, 26 de Agosto de 2022.

ASSOCIAÇÃO HOSPITALAR DE TUNAPOLIS.

83.428.508/0001-12

Rua Albino Frantz, 148

CEP: 89.898-000

Tunápolis - SC



Fernando dos Santos de Menezes

Físico Médico

CNEN/FM: 0096

Sumário

1.	Dados da instalação.....	3
2.	Qualificações Técnicas dos Responsáveis Pelos Projetos.....	3
3.	Características Arquitetônicas do Projeto.....	4
4.	Classificação das Áreas.....	4
5.	Considerações gerais para os cálculos de blindagens.....	4
5.1.1.	Limites de Doses para blindagem.....	4
5.1.2.	Pontos de Cálculo.....	4
5.2.	Sala de Raios X convencional.....	4
5.2.1.	Fator de Uso.....	4
5.2.2.	Equações utilizadas.....	4
5.2.3.	Siglas e Símbolos.....	5
5.2.4.	Dos Exames.....	5
5.2.5.	Número de Exames.....	5
5.2.6.	Carga de Trabalho (previsão de 5 anos).....	6
5.2.7.	Parede Contendo Bucky Mural.....	6
5.2.8.	Parede do Controle e Fog.....	6
5.2.1.	Sala de Exames.....	7
6.	Referências Bibliográficas.....	10
7.	ANEXO I: Planta de Proteção Radiológica Sala de Exames.....	11

1. Dados da instalação

Razão Social	ASSOCIAÇÃO HOSPITALAR DE TUNAPOLIS.
CNPJ	83.428.508/0001-12
Endereço	Rua Albino Frantz, nº 148
Bairro	Centro
Cidade	Tunápolis
Estado	Santa Catarina
País	Brasil
CEP	89.898-000
Telefone	(49) 3832 1110

2. Qualificações Técnicas dos Responsáveis Pelos Projetos

Responsável Legal	
Nome	Vanduir Matias Deters
CPF	026.453.069-18
Função	Representante Legal

Físico e Supervisor de Radioproteção – Cálculo das Blindagens	
Nome	Fernando dos Santos de Menezes
CPF	973.706.734-49
Profissão	Físico Médico
Registro CNEN	FM 0096
Registro CNEN	AN 0493
Telefone	(54) 981155127
E-mail	fernandomenezes.fisico@gmail.com

3. Características Arquitetônicas do Projeto

O setor de radiologia, ao qual este projeto se destina está abrigado no andar térreo do Hospital de Tunapólis, no município de Tunapólis – SC, localizada em estrutura existente do hospital supracitado. Como se trata de uma estrutura de reforma, ao considerar os limites máximos de deslocamento dos tubos de Raios X, a distância mínima de 1,5m das paredes pode não estarem sendo respeitada, para alguns casos.

A sala que abrigará o equipamento de Raios X não possui ocupação dos pisos superior e inferior, assim os cálculos de blindagem no teto e piso serão suprimidos.

4. Classificação das Áreas

1. Serão consideradas áreas controladas:

- Sala de exames de Raios X convencional;

2. Serão Consideradas áreas livres:

- Os demais ambientes;

5. Considerações gerais para os cálculos de blindagens

A metodologia abordada para o cálculo das blindagens é a do método CTDI, presente em NCRP, número 147 – Structural Shielding Design for Medical X-Ray – (ver referências). Desta metodologia destacamos o que aplicaremos:

5.1.1. Limites de Doses para blindagem

Os limites de doses, objetivos para blindagens são:

1. Áreas livres: 0,02mGy/semana (20μSv/semana).
2. Áreas controladas: 0,1mGy/semana (100μSv/semana).

5.1.2. Pontos de Cálculo

Os pontos de cálculo serão representados por um círculo, localizado a 30cm de qualquer barreira, conforme. As distâncias das fontes até os pontos de cálculos serão entre os centros geométricos de suas representações.

5.2. Sala de Raios X convencional.

Para o cálculo de blindagem para esta modalidade, consideraremos a existência das radiações primárias, secundárias e de fuga de cabeçote.

5.2.1. Fator de Uso

Para esta modalidade poderemos ter vários fatores de uso, dependendo se a barreira é primária ou secundária, ou ainda outras características relevantes. Os fatores de uso estarão representados das tabelas com os parâmetros de cálculo para cada uma das barreiras.

5.2.2. Equações utilizadas

$$k_p(0) = \frac{K_p^1 UN}{d_p^2}$$

$$K_{secS+L}(0) = \frac{k_{secS+L}N}{d^2},$$

$$K_{secSLB}(0) = \frac{k_{secLB}N}{d^2} + \frac{k_{secSB}N}{d^2}$$

$$B_p = \left(\frac{P}{T}\right) / (k_p(0)).$$

$$B_p = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left[\frac{\left(\frac{1}{B_p}\right)^\gamma + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right]^{-x_{Pré}}$$

5.2.3. Siglas e Símbolos

1. $k_p(0)$ → kerma primário não blindado = $\frac{K_p^1 UN}{d_p^2}$
2. K_p^1 → Kerma no ar para radiação primária não blindada à 1 metro.
3. U → Fator de Uso.
4. N → Número de Pacientes.
5. d → Distância.
6. $B_p(x_{barreira} + x_{pré})$ → Fator de transmissão para barreira primária = $\left(\frac{P}{T}\right) / (k_p(0))$.
7. T → Fator de ocupação.
8. P → Limite de dose.
9. $x_{barreira}$ → Espessura da barreira = $\frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left[\frac{\left(\frac{1}{B_p}\right)^\gamma + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right]^{-x_{Pré}}$.
10. $K_{secS+L}(0)$ → Kerma secundário com fuga no ar devido à radiação na mesa.
11. $K_{secLB}(0)$ → Kerma secundário no ar devido à radiação de fuga para o Bucky.
12. $K_{secSB}(0)$ → Kerma secundário no ar devido à radiação de fuga para o Bucky
13. k_{secS+L} → kerma no ar secundário com fuga na mesa por paciente, à um metro.
14. k_{secSB} → kerma no ar secundário no bucky mural por paciente, à um metro.
15. k_{secLB} → kerma no ar por fuga no bucky mural por paciente, à um metro.
16. d_{secLB} → distância do tubo (origem da radiação de fuga) considerando exposição em direção ao bucky mural.
17. d_{secSB} → distância da origem da radiação secundária, considerando exposição em direção ao bucky mural.
18. d_{secS+L} → distância da mesa (origem da radiação de secundária e fuga) considerando exposição no bucky mural.
19. k_{secALL} → kerma no ar por fuga e radiação secundária na mesa, por paciente para as demais barreiras à 1 metro.
20. $k_{secL+FS}$ → kerma no ar para espalhamento com fuga, por paciente, à 1 metro.

- Será considerado um total de 100 pacientes por semana.

5.2.4. Dos Exames

5.2.4.1. Relação e Quantidade de Exames:

A Quantidade prevista, nesta estimativa, considerará **uma previsão de operação de 5 anos**.

- Raio X de joelho: 10 exames por semana
- Tórax: 50 exames por semana;
- Lombo Sacra: 20 exames por semana;
- Demais (coluna cervical, ombro, perna antebraço, coxa-femoral e abdômen): 40 exames por semana;
- Crânio: 40 exames por semana;
- Extremidades (pés e mãos): 20 exames por semana.

5.2.5. Número de Exames



- Considerando uma **previsão de operação de 5 anos**, serão considerados uma quantidade total de **100 pacientes por semana**.

5.2.6. Carga de Trabalho (previsão de 5 anos)

- Serão consideradas as seguintes cargas de trabalho:
 - Para radiografia geral: $W=2,67\text{mA}\cdot\text{min}/\text{paciente}$.
 - Para radiografia do tórax: $W=0,53\text{mA}\cdot\text{min}/\text{paciente}$.

Considerando uma **previsão de operação de 5 anos**, a carga de trabalho estimada é de

- Para radiografia geral: **$W= 347,1\text{mA}\cdot\text{min}/\text{semana}$** .
- Para radiografia de tórax: **$W= 26,5\text{mA}\cdot\text{min}/\text{semana}$** .

5.2.7. Parede Contendo Bucky Mural

5.2.7.1. Barreira Primária

- Conservadoramente será utilizado fator de Ocupação igual a 1;
- Carga de trabalho para barreira primária não blindada, por paciente: $K_p^1 = \frac{2,3\text{mGy}}{\text{paciente}}$;
- Distância entre o tubo e o Bucky = 2,50m.

5.2.7.2. Barreira Secundária

Para esta barreira, calcularemos as contribuições das radiações secundárias e de fuga geradas pelas exposições sobre a mesa, secundárias sobre o bucky mural e de fuga no cabeçote.

- $k_{\text{secS+L}} = 2,3 \times 10^{-2} \text{mGy}/\text{paciente}$.
- $k_{\text{secSB}} = 4,9 \times 10^{-3} \text{mGy}/\text{paciente}$.
- $k_{\text{secLB}} = 3,9 \times 10^{-4} \text{mGy}/\text{paciente}$.
- $k_{\text{secALL}} = 3,4 \times 10^{-2} \text{mGy}/\text{paciente}$.
- $k_{\text{secL+FS}} = 4,9 \times 10^{-2} \text{mGy}/\text{paciente}$

5.2.8. Parede do Controle e Fog

A parede do controle do equipamento, melhor denominada de biombo possui particularidades quanto ao seu Cálculo. Nele, além de considerarmos radiação espalhada e de fuga, sobre a mesa (L+B), consideramos uma blindagem adicional para os plates radiográficos, comumente deixados pelos técnicos em radiologia, neste ambiente para o mesmo exame. Esta blindagem adicional servirá para proteger os receptores de imagem de “escurecimento” pela radiação, antigamente denominado de FOG.

Sendo mais conservadores que a NCRP-147, consideraremos que um mesmo dispositivo de imagem pode ficar durante 1 semana atrás do biombo, quando a barreira deverá considerar toda a carga de trabalho semanal como influenciadora para o “escurecimento” do receptor. Apesar do referido documento tratar de filmes radiológicos analógicos, que não será mais o caso desta instalação, utilizaremos o mesmo limite de $5 \times 10^{-4} \text{mGy}$ para causar o efeito de “Fog”

5.2.1. Sala de Exames

Dados do Equipamento	
Marca	LOTUS
Modelo	HF500M
Corrente Anódica Máxima	630 mA
Tensão Máxima do Tubo	150 kVp

5.2.1.1. O Cálculo das blindagens

5.2.1.2. Barreira 1 (BIOMBO - VISOR)

PONTO DE CÁLCULO 1 - Biombo e Visor - Filme+Fog - Área Controlada						
Limite P	0,10mGy/sem.	Kerma no AR		Barreiras		
$d_{SecOT(S+L)}$	2,56m	$W_t R$. Geral	0,03 mGy/Paciente	Barreira	Chumbo	Concreto
Limite F+Fog	0,0005mGy/sem.	$K_{SecS+L(OT)}$	1,038 mGy/semana	$B_{SecS+L(OT)}$	1,00 mm	60,00 mm
F. Ocupação	1	$k_{SecF+Fog}$	1,04 mGy/semana	$B_{Sec F+Fog}$	3,00 mm	200,00 mm
F. de Uso	1	Fatores de Transmissão		Barreira Total	4,00 mm	260,00 mm
$d_{SecOT(S+L)}$	2,56 m	F.Trans. S+L(OT)	9,64E-02			
N. Pacientes	200 Pac/Semana	F Trans. F+Fog	4,82E-04			

Deve ser aplicada uma das seguintes blindagens: 4mm de Chumbo ou 260mm de Concreto.

Observação: Poderá, ainda, ser aplicado 40 mm de barita sobre a alvenaria. Para visor a blindagem será de 2mm equivalentes de chumbo.

5.2.1.3. Barreira 2(BUCKY MURAL)

PONTO DE CÁLCULO 2 - Parede - Bucky Mural - Área Livre						
Distâncias		Kerma no AR		F.Transmissão Prim.	0,0026	
d_p	1,95m	Limite P	0,02mGy/sem.	F. Transmissão Sec	0,1766	
$d_{SecOT(S+L)}$	3,14m	K_p Primária	30,243 mGy/semana	Barreiras		
$d_{sec(LB)}$	1,95m	$K_{secLB(0)}$	0,021 mGy/semana	Material	Chumbo	Concreto
$d_{sec(SB)}$	0,86m	$K_{secSB(0)}$	1,325 mGy/semana	Primária	0,50 mm	101,93 mm
F. Ocupação	0,25	$K_{secS+L(OT)}$	1,346 mGy/semana	Secundária	0,50 mm	30,00 mm
F. de Uso	0,25	$K_{sec(TOT)}$	1,812 mGy/semana	Barreira Total	1,0mm	131,93mm
Número de Pacientes	200 Pac/Semana					

Deve ser aplicada uma das seguintes blindagens: 1mm de Chumbo ou 132mm de Concreto.

Observação: Poderá, ainda, ser aplicado 10 mm de barita sobre a alvenaria.

5.2.1.3. Barreira 3 (PAREDE)

PONTO DE CÁLCULO 3 - Parede - Todas as Paredes - Área Livre				
Limite P	0,02mGy/sem.	Wt Carga de Trabalho Teto		Barreira Secundária
$d_{SecOT(S+L)}$	2,03m	0,03 mGy/Paciente		
F. Ocupação	1	Kerma no Ar $K_{secS+L(0)}$		Chumbo
F. de Uso	1	1,65 mGy/semana		
$d_{SecOT(S+L)}$	2,03 m	Fator de Transmissão		60,0 mm
Número Pac.	200Pac/Semana	1,21E-02		

Deve ser aplicada uma das seguintes blindagens: 1mm de Chumbo ou 60mm de Concreto.

Observação: Poderá, ainda, ser aplicado 10 mm de barita sobre a alvenaria.

5.2.1.4. Barreira 4 – (PAREDE)

PONTO DE CÁLCULO 4 - Parede - Todas as Paredes - Área Livre				
Limite P	0,02mGy/sem.	Wt Carga de Trabalho Teto		Barreira Secundária
$d_{SecOT(S+L)}$	4,21m	0,03 mGy/Paciente		
F. Ocupação	0,25	Kerma no Ar $K_{SecS+L(0)}$		Chumbo
F. de Uso	1	0,38 mGy/semana		
$d_{SecOT(S+L)}$	4,21 m	Fator de Transmissão		50,0 mm
Número Pac.	200Pac/Semana	2,09E-01		
Deve ser aplicada uma das seguintes blindagens: 0,6mm de Chumbo ou 50mm de Concreto.				
Observação: Poderá, ainda, ser aplicado 6 mm de barita sobre a alvenaria.				

5.2.1.5. Barrira 5 (PAREDE)

PONTO DE CÁLCULO 5 - Parede - Todas as Paredes - Área Livre				
Limite P	0,02mGy/sem.	Wt Carga de Trabalho Teto		Barreira Secundária
$d_{SecOT(S+L)}$	3,90m	0,03 mGy/Paciente		
F. Ocupação	0,25	Kerma no Ar $K_{SecS+L(0)}$		Chumbo
F. de Uso	1	0,45 mGy/semana		
$d_{SecOT(S+L)}$	3,90 m	Fator de Transmissão		20,0 mm
Número Pac.	200Pac/Semana	1,79E-01		
Deve ser aplicada uma das seguintes blindagens: 0,2mm de Chumbo ou 20mm de Concreto.				
Observação: Poderá, ainda, ser aplicado 2 mm de barita sobre a alvenaria.				

5.2.1.6. Barreira 6 (PAREDE)

PONTO DE CÁLCULO 6 - Parede - Todas as Paredes - Área Livre				
Limite P	0,02mGy/sem.	Wt Carga de Trabalho Teto		Barreira Secundária
$d_{SecOT(S+L)}$	4,83m	0,03 mGy/Paciente		
F. Ocupação	0,25	Kerma no Ar $K_{SecS+L(0)}$		Chumbo
F. de Uso	1	0,29 mGy/semana		
$d_{SecOT(S+L)}$	4,83 m	Fator de Transmissão		50,0 mm
Número Pac.	200Pac/Semana	2,74E-01		
Deve ser aplicada uma das seguintes blindagens: 0,6mm de Chumbo ou 50mm de Concreto.				
Observação: poderá, ainda, ser aplicado 6 mm de barita sobre a alvenaria.				

5.2.1.7. Barreira 7 (PAREDE)

PONTO DE CÁLCULO 7 - Parede - Todas as Paredes - Área Livre				
Limite P	0,02mGy/sem.	Wt Carga de Trabalho Teto		Barreira Secundária
$d_{SecOT(S+L)}$	4,88m	0,03 mGy/Paciente		
F. Ocupação	0,25	Kerma no Ar $K_{SecS+L(0)}$		Chumbo
F. de Uso	1	0,29 mGy/semana		
$d_{SecOT(S+L)}$	4,88 m	Fator de Transmissão		50,0 mm
Número Pac.	200Pac/Semana	2,80E-01		
Deve ser aplicada uma das seguintes blindagens: 0,6mm de Chumbo ou 50mm de Concreto.				
Observação: poderá, ainda, ser aplicado 6 mm de barita sobre a alvenaria.				



5.2.1.8. Barreira 8 (PAREDE)

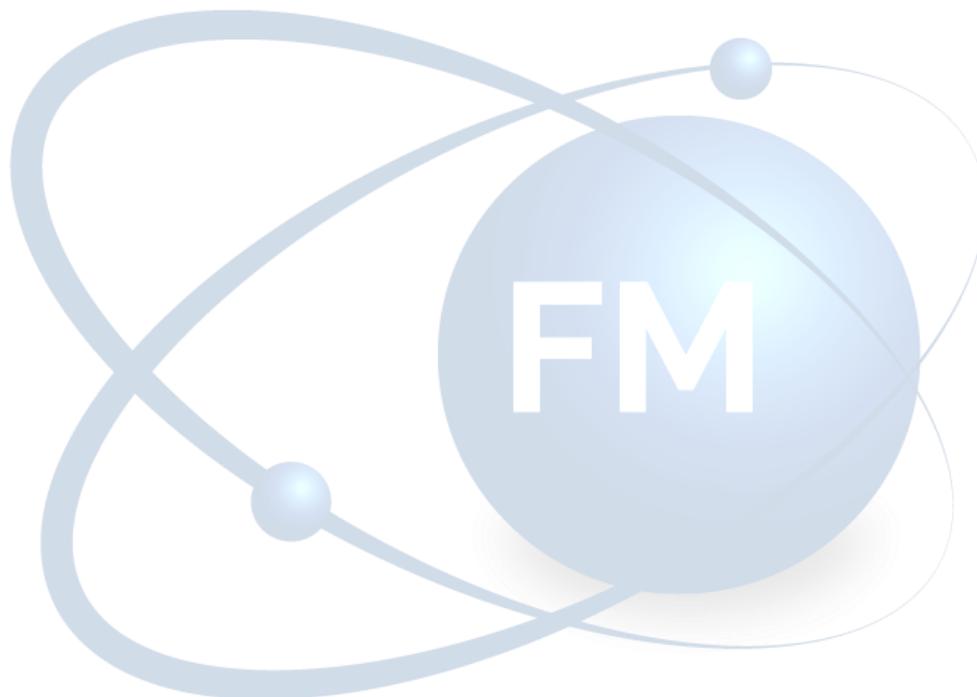
PONTO DE CÁLCULO 8 - Porta - Todas as Paredes - Área Livre				
Limite P	0,02mGy/sem.	Wt Carga de Trabalho Teto	Barreira Secundária	
$d_{SecOT(S+L)}$	4,14m	0,03 mGy/Paciente	Chumbo	Concreto
F. Ocupação	0,25	Kerma no Ar $K_{SecS+L(0)}$		
F. de Uso	1	0,40 mGy/semana	0,6 mm	50,0 mm
$d_{SecOT(S+L)}$	4,14 m	Fator de Transmissão		
Número Pac.	200Pac/Semana	2,02E-01		
Deve ser aplicada uma das seguintes blindagens: 0,6mm de Chumbo ou 50mm de Concreto.				
Observação: poderá, ainda, ser aplicado 6 mm de barita sobre a alvenaria.				

5.2.1.9. Barreira 9 (PAREDE)

PONTO DE CÁLCULO 9 - Parede - Todas as Paredes - Área Livre				
Limite P	0,02mGy/sem.	Wt Carga de Trabalho Teto	Barreira Secundária	
$d_{SecOT(S+L)}$	4,30m	0,03 mGy/Paciente	Chumbo	Concreto
F. Ocupação	0,25	Kerma no Ar $K_{SecS+L(0)}$		
F. de Uso	1	0,37 mGy/semana	0,6 mm	50,0 mm
$d_{SecOT(S+L)}$	4,30 m	Fator de Transmissão		
Número Pac.	200Pac/Semana	2,18E-01		
Deve ser aplicada uma das seguintes blindagens: 0,6mm de Chumbo ou 50mm de Concreto.				
Observação: poderá, ainda, ser aplicado 6 mm de barita sobre a alvenaria.				

6. Referências Bibliográficas.

1. NCRP N° 147. *Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities*;
2. NIST. *National Institute of Standards and Technology*;
3. AAPM Task Group 108: *PET and PET/CT Shielding Requirements*;
4. Manual de orientações da CNEN “Licenciamento e Controle de Instalações de Medicina Nuclear”;
5. CANADIAN NUCL
6. EAR SAFETY COMMISSION. *Radiation Safety Officers Handbook*.

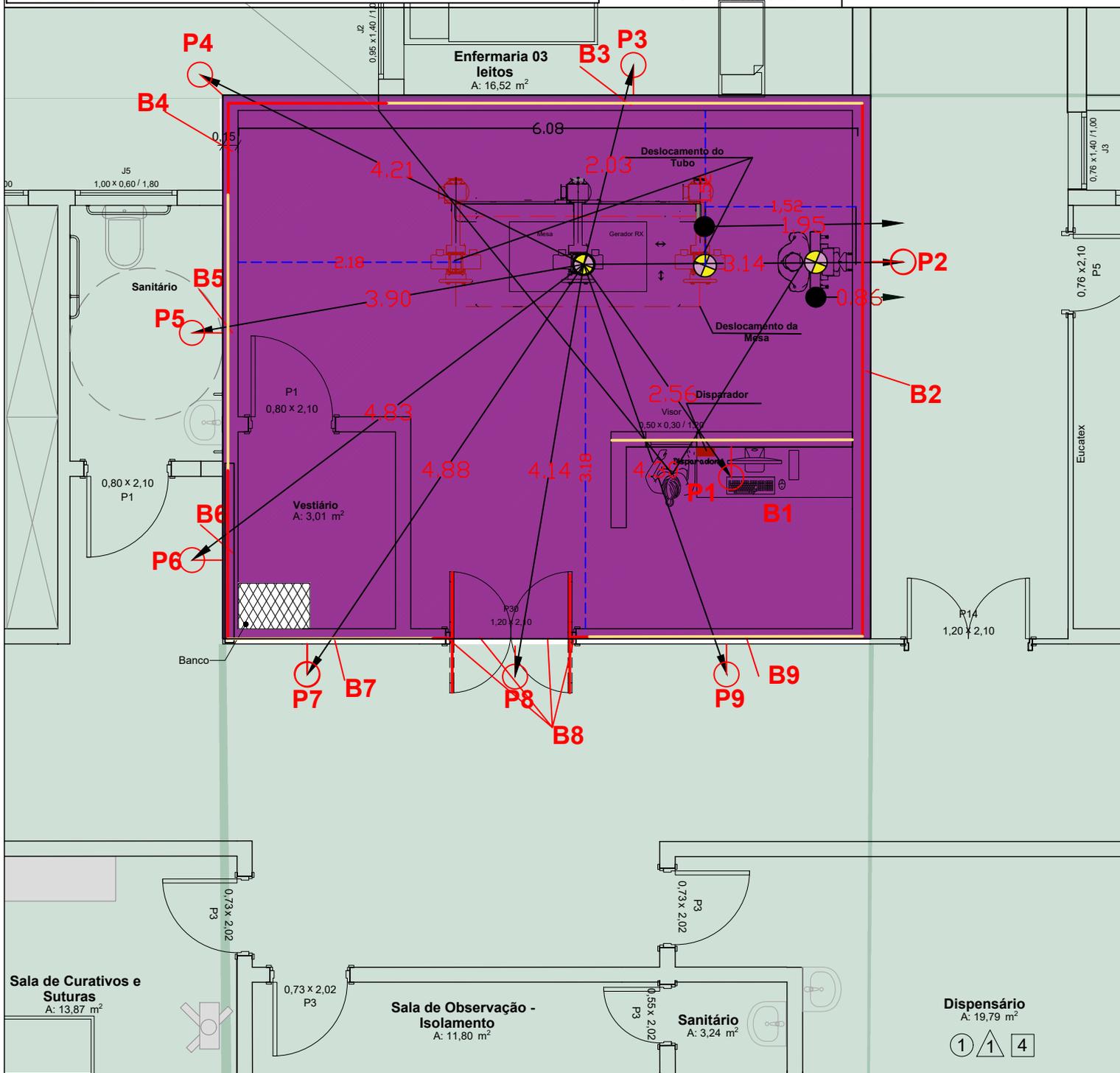


7. ANEXO I: Planta de Proteção Radiológica Sala de Exames





Fernando Menezes
CNEN/EM:0096



Barreiras Radiológicas

LEGENDAS					
<p>— Distância deslocamento do tubo/parede — Deslocamento do tubo.</p> <p>Classificação das áreas Área Controlada Área Livre</p>					
<p>EQUIPAMENTO 1-Tipo: Radiografia Médica - CR 2- Fabricante: LOTUS 3- Modelo: HF500M 4- Corrente Máxima do Tubo: 630mA 5-Tensão Máxima do Tubo: 150kVp</p>					
<p>Dados Gerais 1- Carga de Trabalho considerando um crescimento de 5 anos. P/ Radiografia Geral: W=347,1 mA.min/semana P/ Radiografia Tórax: W=26,5 mA.min/semana</p>					
<p>B1 - Biombo e Visor D=2,56m T=1 U=1 Lim P=20 µSv/sem. Conclusão: 4,00 mm de Chumbo 260,00 mm de Concreto 40,00 mm de Barita</p>	<p>B2 - Bucky Mural T=0,25 U=0,25 Lim P=20 µSv/sem. Conclusão: 1,00 mm de Chumbo 131,93 mm de Concreto 10,00 mm de Barita</p>	<p>B3 - Parede D=2,03m T=1 U=1 Lim P=20 µSv/sem. Conclusão: 1,00 mm de Chumbo 60,00 mm de Concreto 10,00 mm de Barita</p>	<p>B4 - Parede D=4,21m T=0,25 U=1 Lim P=20 µSv/sem. Conclusão: 0,6 mm de Chumbo 50,00 mm de Concreto 6 mm de Barita</p>	<p>B5 - Parede D=3,90m T=0,25 U=1 Lim P=20 µSv/sem. Conclusão: 0,2 mm de Chumbo 20,0 mm de Concreto 2 mm de Barita</p>	<p>B6 - Parede D=4,83m T=0,25 U=1 Lim P=20 µSv/sem. Conclusão: 0,6 mm de Chumbo 50,00 mm de Concreto 6,00 mm de Barita</p>
<p>B7 - Parede D=4,88m T=0,25 U=1 Lim P=20 µSv/sem. Conclusão: 0,6 mm de Chumbo 50,00 mm de Concreto 6,00 mm de Barita</p>	<p>B8 - Parede D=4,14m T=0,25 U=1 Lim P=20 µSv/sem. Conclusão: 0,6 mm de Chumbo 50,00 mm de Concreto 6,00 mm de Barita</p>	<p>B9 - Parede D=4,30m T=0,25 U=1 Lim P=20 µSv/sem. Conclusão: 0,6 mm de Chumbo 50,00 mm de Concreto 0,6 mm de Barita</p>			

Dispensário
A: 19,79 m²

