

15.

Projeto de cadeira para exames radiológicos em deficientes físicos

Chair design for radiological examination in disabled

Carlos Henrique Paini
Tecnólogo em Sistemas
Biomédicos
FATEC Bauru
carlos_paini@yahoo.com.br

Ana Cristina Maurício Ferreira
Doutoranda
PPGDesign UNESP
anacr_fatec@yahoo.com.br

João Alberto Borges de Araújo
Enfermeiro
FAMESP
jabdearaujo@hotmail.com

Luis Carlos Paschoarelli
Professor Associado
PPGDesign UNESP
paschoarelli@faac.unesp.br

A radiografia geral é um importante método de diagnóstico de imagem do corpo humano. Quando este método é aplicado em deficientes físicos, particularmente usuários de cadeira de rodas, pode surgir o inconveniente do mesmo (além do técnico de radiologia e acompanhantes do paciente) ser exposto à radiação por mais tempo que o necessário, devido à dificuldade de seu posicionamento em relação ao feixe de Raios-X. Desta forma, objetivou-se solucionar este problema propondo um projeto de cadeira, que possibilite ao paciente a realização em posição sentada de exames que, a princípio devem ser realizados em posição ortostática. Para desenvolver o projeto, as etapas metodológicas realizadas foram pesquisa documental, determinação do problema, levantamento dos equipamentos utilizados em radiologia, elaboração de requisitos para o novo equipamento e escolha de materiais para aplicação no projeto, em atendimento aos requisitos. O resultado é o projeto de uma cadeira que utiliza o aço inox em sua estrutura e fibra de carbono em seus componentes. Contará com suporte para acomodação da grade antidifusora e o chassi de raios-X, suporte extensivo para as pernas e encosto reclinável com travas de regulagem do ângulo de inclinação, permitindo assim, a realização de exames em diversas posições. Sua utilização poderá facilitar a realização do exame, tornando-o mais prático e funcional, aumentando a autonomia e proteção física do paciente e também garantindo a proteção física dos funcionários do setor e dos acompanhantes do paciente.

Palavras-chave deficientes físicos, radiologia, radiografia, raios-X.

The general radiography is an important method of diagnosis of the human body image. When this method is applied to disabled people, particularly users of wheelchair, can arise the inconvenience of it (apart from radiographer and patient companions) be exposed to for as long radiation because of the difficulty of his position in relation to X-ray beam. Thus aimed to solve this problem by proposing a chair design, which enables the patient to achievement in sitting examinations position that the principle should be performed in the standing position. To develop the project, the methodological steps were conducted documentary research, problem determination, lifting equipment used in radiology, elaboration of requirements for the new equipment and choice of materials for application in the project, in compliance with the requirements. The result is the design of a chair that uses stainless steel in its structure and carbon fiber components. Will feature support for accommodation of antidifusora grid and chassis X-ray, extensive support for your legs and reclining backrest with tilt angle adjustment locks, thus allowing the performance of tests in different positions. Its use can facilitate the examination, making it more practical and functional, ensuring the independence, satisfaction and physical protection of the patient and also ensuring the physical protection of employees in the industry and patient escorts.

Keywords disabled, radiology, radiograph. X-rays

1. Introdução

No cotidiano de um técnico ou tecnólogo em radiologia, entre as dificuldades habituais, destaca-se a realização de exames de radiografia em pacientes com deficiências físicas e usuários de cadeiras de rodas.

Os usuários de cadeiras de rodas encontram em sua rotina dificuldades relacionadas à execução de tarefas diversas, o que por vezes requer o auxílio de terceiros. Também enfrentam dificuldades relacionadas à acessibilidade, destacando-se a acessibilidade aos serviços de saúde. Vale ressaltar que a qualidade de vida percebida por um deficiente físico depende diretamente das dificuldades por ele enfrentadas. Se estas dificuldades são minimizadas, através de projetos de produtos ou mesmo de ambientes, sua qualidade de vida se eleva, assim como sua percepção psicossocial do ambiente e dos serviços.

Nos procedimentos de radiologia para diagnóstico (exames de radiografia), dependendo dos posicionamentos escolhidos e necessários à execução do exame em deficientes físicos, é preciso o auxílio de uma ou mais pessoas, incluindo o próprio funcionário e o acompanhante do paciente. Estes fatores levam ao surgimento de riscos físicos, devido à exposição à radiação ionizante e de riscos ergonômicos, devido aos esforços exigidos no procedimento. Ao paciente usuário de cadeira de rodas, estes procedimentos podem demorar mais por causa das dificuldades encontradas no seu posicionamento, levando-o ao desconforto físico e constrangimentos psicológicos.

Desta maneira, o objetivo deste estudo é relatar o desenvolvimento (design) de uma cadeira para a realização de radiografias em usuários de cadeira de rodas, que facilite os procedimentos do exame e possibilite, na maioria das vezes, que o paciente se transfira com facilidade de sua cadeira de rodas. As etapas metodológicas utilizadas para alcançar este objetivo foram a pesquisa documental, a determinação do problema, o levantamento dos equipamentos utilizados em radiologia, a elaboração de requisitos e a escolha de materiais para aplicação no projeto.

2. Fundamentação teórica

2.1. Usuários de cadeira de rodas e serviços de saúde

Castro, Lefèvre, Lefèvre e Cesar (2011) afirmam que a questão da acessibilidade aos serviços de saúde aos usuários de cadeira de rodas, pode ser um grande problema, se não trabalhada adequadamente, fazendo com que a pessoa com deficiência enfrente obstáculos que dificulta ou mesmo inviabiliza o seu acesso aos mesmos e, em estudo realizado sugerem que aproximadamente metade das pessoas com deficiência que se utilizam de serviços de saúde necessitam de acompanhantes nos procedimentos.

Ainda, de acordo com Castro et al. (2011), "para uma pessoa com deficiência, não é suficiente ter as mesmas oportunidades quando não há condições de aproveitá-las, comparativamente a alguém que não tenha deficiência".

Apesar dos avanços tecnológicos na área da saúde, em se tratando dos serviços relacionados ao exame de radiografia, os pacientes que utilizam cadeira de rodas, podem passar por dificuldades ou restrições em sua realização. Isto porque muitas das posições necessárias aos exames exigem que o mesmo fique em posição ortostática (Santos, n.d.). Na impossibilidade de manter-se em posição ortostática, comumente o paciente é apoiado por um acompanhante ou profissional local, o que os expõe à radiação desnecessária e, por vezes, em tempo maior que o recomendado. Também ocorre neste cenário a sustentação de peso, constituindo-se fatores de riscos físicos e ergonômicos que os sujeitos envolvidos no procedimento estão submetidos.

Quanto à exposição à radiação ionizante, que é um dos riscos físicos a que um trabalhador pode estar exposto, Poletto, Vilagra, Esteves, Gontijo e Silvestre (2007) relatam em seu estudo que durante as atividades de radiologia não foi observado o uso dos equipamentos de proteção individual pelos profissionais e acompanhantes, ocorrendo tal situação pelo desgaste destes ou pela sua ausência.

Quanto ao levantamento e sustentação de carga, que é um dos riscos ergonômicos pertencentes à área, o esforço que um profissional ou um acompanhante exerce ao manter um paciente em posição ortostática ou transferi-lo da cadeira de rodas para uma cama de radiologia pode ser demasiado e prejudicial a sua saúde. Os riscos ergonômicos pertencem à ciência denominada ergonomia, que estuda as condições prévias, as consequências de trabalho e as interações entre homem, máquina e ambiente, que ocorrem durante a realização do trabalho (Iida, 2005).

Os riscos ergonômicos, conforme abordados por Kassada, Lopes e Kassada (2011) são fatores que podem proporcionar ao trabalhador, em médio ou longo prazo, prejuízo a sua integridade física ou mental, levando-o a uma percepção de desconforto ou mesmo acarretando-lhe lesões. Comumente são considerados, entre outros, o esforço físico, o levantamento de peso e a postura inadequada como preponderantes no surgimento do desconforto e/ou lesões, que vem gerar sérios danos à saúde do trabalhador, comprometendo sua atividade laboral, sua saúde e sua segurança. Além dos prejuízos à saúde do profissional e acompanhante, nos procedimentos de obtenção de exames radiográficos, o paciente sofre tanto com o desconforto físico, quanto o psicológico, assim como os problemas relacionados a sua segurança.

Uma pessoa que adquire uma deficiência física no decorrer de sua vida, além da necessidade de se ajustar às alterações físicas, também necessita restabelecer sua vida social e, para Sernaglia (2009), o que garantirá o sucesso nessa reinserção é a forma como a mesma reconstrói seu autoconceito a partir dessas mudanças, se adaptando e compreendendo sua nova situação, que torna a cadeira de rodas uma extensão de seu corpo.

Um deficiente físico podendo realizar um exame radiológico com autonomia, ou seja, podendo se transferir e se posicionar sem auxílio de terceiros, terá um maior conforto psicológico e consequente aumento na percepção de sua qualidade de vida.

2.2. Radiologia e radiografia

A radiologia, visando o diagnóstico de patologias, utiliza imagens obtidas a partir da interação da radiação ionizante (Raio-X) com o paciente (Furquim & Costa, 2009). Foi a primeira técnica de diagnóstico por imagem e continua sendo uma das mais importantes. Suas principais aplicações são em traumatologia e ortopedia (obtenção de imagens do crânio e do sistema esquelético) e estudo dos órgãos respiratórios. É possível, com sua aplicação realizar procedimentos complexos com cortes cirúrgicos de pequena extensão, o que vem a reduzir o tempo de internação do paciente e, por conseguinte, reduzir os riscos de infecções (Pupo, Mello & Ferrés, 2006).

Os raios-X são radiações eletromagnéticas de alta energia oriundas de transições eletrônicas de níveis e subníveis mais internos no átomo (Lima, 2008). A radiação eletromagnética pode ser produzida de diversas maneiras, sendo a aceleração e a desaceleração de elétrons em um método de produção (Chen, Popo & Ott, 2011).

A radiação X possui comprimento de onda no intervalo de 10-11 a 10-8 m (0,1 a 100 Å), resultante da colisão de elétrons produzidos em um cátodo aquecido, que transportam energia através de partículas de radiação denominadas fótons, contra elétrons de anodo metálico (Chassot, 1995). Ao penetrarem no organismo, os fótons do feixe de raios-X se envolvem em interações com os átomos constituintes de tecidos (Val, 2006). Essa interação ocorre por meio dos seus campos elétricos oscilantes com os elétrons atômicos no material. Não havendo carga elétrica, os raios-X são mais penetrantes do que os outros tipos de radiação ionizante (como partículas α e β) e são, portanto, úteis para a obtenção de imagens do corpo humano (Chen et al., 2011). A exposição prolongada à radiação ionizante tem efeitos que causam danos à saúde dos pacientes, operadores ou acompanhantes (Eufrásio et al., 2013).

Estes efeitos são chamados de estocásticos e determinísticos, diretamente relacionados à quantidade de dose absorvida. Os estocásticos são relacionados com baixas e frequentes doses de radiação podendo se manifestar meses ou anos após às exposições, como o que ocorre com os profissionais que trabalham em radiologia.

Já o determinístico (tabela 1), está diretamente relacionado à intensidade da dose recebida, cuja quantidade de radiação imposta em uma determinada exposição é relativamente alta (Veludo, 2011). Os benefícios derivados da aplicação de raios-X na medicina são indiscutíveis, porém tais aplicações devem ser feitas com prudência e com cuidado para reduzir exposição. Essa responsabilidade recai em particular sobre o tecnólogo em radiologia, pois este normalmente controla o funcionamento do sistema de imagem de raios-X durante um exame radiológico (Bushong, 2008). A portaria federal 453 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária [ANVISA] (1998) estabelece as diretrizes básicas de proteção em atividades operacionais que empregam técnicas radioativas e radiológicas para a proteção dos trabalhadores, dos paciente e do meio ambiente.

Tabela 1.

Efeitos determinísticos da radiação X.
 Fonte: Adaptada de Canevaro, 2009.

EFEITO	DOSE (Gy)	TEMPO DE APARIÇÃO
Eritema imediato transiente	2	2-24 horas
Depilação temporária	3	Aproximadamente 3 semanas
Depilação permanente	7	Aproximadamente 3 semanas
Escamação seca	14	Aproximadamente 4 semanas
Escamação Úmida	18	Aproximadamente 4 semanas
Ulceração secundária	24	>6 semanas
Necrose dérmica isquêmica	18	>10 semanas
Necrose dérmica	>12	>52 semanas

A radiografia é definida como a imagem da sombra semitransparente de um objeto atravessado por um feixe de radiação X, projetada num receptor (Val, 2006). A radiografia utiliza filmes de raios-X e, geralmente, um tubo de raios-X montado a partir do teto em uma faixa a qual permite que o tubo seja movido em qualquer direção. Esse exame fornece aos radiologistas imagens fixas (Bushong, 2008). Os tubos geradores de raios-X têm sido aperfeiçoados constantemente visando a maior eficiência e resistência ao uso (Val, 2006).

A radiografia simples depende do contraste natural e físico com base na densidade do material pelo qual o feixe de raios-X deve passar (Chen et al., 2011). As relações entre a aparência da imagem (densidade óptica) e a densidade do tecido (g/cm^3) são inversas. As imagens claras apresentam baixo valor de densidade óptica, correspondendo ao maior poder de atenuação da radiação pelos tecidos mais densos como, por exemplo, para os procedimentos radiográficos dos ossos. As imagens escuras apresentam elevado valor de densidade óptica e representam a pequena capacidade de atenuação do tecido à radiação, como, por exemplo, para o ar (Dimenstein & Netto, 2002). Assim, gases, gorduras, tecidos moles e ósseos produzem imagens radiográficas pretas, cinza-escuro, cinzas e brancas, respectivamente no filme (Chen et al., 2011). O exame serve para avaliar

as condições de órgãos e estruturas internas como o pulmão e a coluna, para pesquisar fraturas e para acompanhar a evolução de tumores e doenças ósseas, entre outros (Val, 2006).

Os componentes que podem ser visibilizados nas radiografias são ossos, músculos, fluídos, tecidos adiposos e gases. Os músculos, fluídos, e tecidos adiposos, por terem densidades similares (g/cm^3), apresentarão pequenas variações de densidade óptica na imagem radiográfica. Na imagem, a diferença nas densidades ópticas das várias estruturas da parte do corpo radiografada é referida como contraste do objeto. Imagens em que existem sutis diferenças de níveis de cinza são consideradas imagens de baixo contraste. A essas sutis diferenças de cinza dá-se o nome de escala longa de contraste da imagem. Imagens com alto-contraste são referidas como escalas curtas, com poucos níveis de cinza, ou seja, imagens escuras ou claras (Dimenstein & Netto, 2002).

O exame de imagem mais comum para avaliação do coração e dos grandes vasos é a radiografia torácica, que consiste em uma incidência pósterio-anterior e uma lateral esquerda (Chen et al., 2011). O paciente e a máquina são posicionados de acordo com o local do corpo a ser examinado e o técnico que realiza o procedimento dá orientações ao paciente sobre o que fazer antes, durante e após o registro da imagem (Val, 2006). Para o diagnóstico médico correto é importante que a sombra radiográfica seja a reprodução mais fiel possível da morfologia e das dimensões do órgão ou da parte anatômica que se deseja examinar (Dimenstein & Hornos, 2004).

Incidência corresponde à relação entre o posicionamento do paciente os feixes de raios-X central (RC). Descreve a direção dos raios-X quando este atravessa o paciente, projetando uma imagem no filme radiográfico ou em outros receptores de imagem. As principais incidências são pósterio-anterior, ântero-posterior, oblíquas, laterais, axial e tangencial. Na incidência pósterio-anterior o RC entra na superfície posterior e sai na anterior. Já na antero-posterior o RC entra em uma superfície anterior e sai em uma posterior (Oliveira, 2014).

As incidências oblíquas devem incluir um termo de qualificação descrevendo a posição do corpo e são feitas com o paciente deitado na mesa de raio-X, assim como as axiais. As tangenciais e laterais podem ser feitas com o paciente em pé em frente ao chassi ou na mesa de raios-X (Oliveira, 2014).

3. Metodologia

Baseado em metodologias de projeto de produto e com vistas à afirmação de Bonsiepe (1984) de que o objetivo de uma metodologia de projeto é orientar no procedimento do processo de desenvolvimento de produto e que o projetista deve decidir a melhor alternativa para o seu projeto, o desenvolvimento deste trabalho envolveu as seguintes etapas metodológicas apresentadas na Figura 1, a partir da necessidade de conferir aos deficientes físicos maior acessibilidade aos serviços de saúde, mais especificamente aos serviços de radiografia.



Figura 1. Etapas metodológicas (Fonte: elaborado pelos autores).

3.1. Pesquisa documental

A pesquisa documental (apresentada no item 2 intitulado Referencial Teórico) tem o documento como objeto de investigação, sendo que este extrapola a ideia de textos escritos e/ou impressos. Pode o documento de pesquisa ser escrito ou não, como é o caso de filmes, vídeos, fotografias entre outros. Tem por finalidade servir de fonte de informação e de esclarecimento sobre determinados assuntos, sempre de acordo com o teor da pesquisa e o interesse do pesquisador (Figueiredo, 2007). Neste projeto, o referencial teórico envolveu a pesquisa de documentos publicados pertinentes aos assuntos deficiência física e serviços de saúde, radiologia e radiografia. Também foram pesquisados assuntos referentes aos materiais radiotransparentes, para a definição do material do produto em estudo.

3.2. Determinação dos problemas

Para Romeiro Filho (2010) o problema a ser abordado e estudo em um determinado projeto, deve estar definido e alinhado de acordo com as necessidades levantadas. Estas necessidades podem ser levantadas pela empresa para a qual o projeto está sendo desenvolvido ou pela própria equipe de projeto. Neste trabalho a necessidade levantada foi a de conferir aos deficientes físicos maior acessibilidade aos serviços de radiografia.

Os problemas levantados neste estudo, a partir da pesquisa documental, foram:

- a. Riscos físicos referentes à exposição à radiação ionizante, aos quais profissionais, acompanhantes e pacientes estão submetidos no ato do procedimento do exame de radiografia;

- b. Riscos ergonômicos referentes à sustentação do peso do paciente ao ser posicionado ortostaticamente, que profissionais e acompanhantes se submetem durante o procedimento de radiografia;
- c. Desconforto físico e psicológico que os pacientes deficientes físicos sofrem ao necessitar de exames radiológicos para fins de diagnóstico.

3.3. Levantamento de equipamentos

Nesta fase do projeto foi realizado um levantamento dos equipamentos mais comuns atualmente utilizados nos procedimentos de radiografia. Conforme abordado por Bonsiepe (1984), é importante a análise das características dos produtos e processos existentes, onde podem ser verificadas as funções dos equipamentos levantados, assim como características de uso, de materiais, ergonômica, entre outras.

No caso dos equipamentos utilizados nos exames de radiologia, suas funções e estruturas podem variar de acordo com a parte do corpo a ser analisada, sendo que a posição do paciente pode variar em deitado, sentado ou em pé. Em uma radiografia de abdômen, por exemplo, o paciente é solicitado a remover qualquer roupa, joias ou outros objetos que possam interferir com o processo e deve manter-se em posição ortostática de costas para um equipamento chamado Bucky Vertical (Figura 2), que tem um suporte para a grade antidifusora e o chassi de raios-X. Normalmente é utilizado na realização de exames de tronco e membros superiores.

Uma grade antidifusora é o componente que filtra a radiação dispersa e é responsável pela redução dos efeitos de borramento da radiação espalhada na imagem gerada. O chassi de raios-X é um invólucro metálico protegido da luz, que comporta o filme radiográfico (Pereira, n.d).

Em alguns exames radiológicos, como de abdome e de pelve, o paciente deve posicionar-se em decúbito sobre a mesa de raios-X (Figura 3).

Outro equipamento utilizado é a mesa cirúrgica radiotransparente. Essas mesas cirúrgicas são confeccionadas em aço inoxidável e os tampos fabricados em material translúcido, permitindo o uso de intensificador de imagem e Raios-X (Figura 4).

Também existem as macas equipadas com chassis para filmes. A plataforma do colchão é feita de um material translúcido para raios-X e o suporte dos filmes para raios-X desliza para em ambas as extremidades sem que seja necessário inclinar o encosto. Sua utilização é de grande importância nos setores de emergência, pois em casos de trauma do paciente não é necessário toca-lo ou posiciona-lo, pois o chassi é colocado em um suporte, facilitando o exame e minorando possíveis problemas. Observando todos os casos e equipamentos apresentados anteriormente, percebe-se que é necessário o auxílio de duas ou mais pessoas para que o deficiente físico seja posicionado na maneira necessária ao exame, pois os modelos de mobiliários utilizados não contemplam as suas necessidades. Se o procedimento exigir o posicionamento em relação ao Bucky Vertical, o deficiente físico necessitará de auxílio de terceiros para mante-lo em posição ortostática. Se a radiografia for realizada em posição de decúbito, este deverá ter o auxílio de outros para que seja transferido até a mesa de radiografia.



Figura 2.
Equipamento Bucky Vertical.
Fonte: <http://revistavivasauade.uol.com.br/arquivosold/edicoes/64/imagens/151464.jpg>



Figura 3.
Mesa para exame radiográfico.
Fonte: http://www.roentgenwerk.de/andere_sprachen/spanisch/main/combi.jpg



Figura 4.
Mesa cirúrgica radiotransparente.
Fonte: http://static.catalogohospitalar.com.br/img/produtos/8641/imagem-de-mesa-radiotransparente-para-alta-cirurgia-140_g.jpg

3.4. Requisitos para o projeto

Requisitos constituem especificações prévias do produto, ou seja, características que devem ter um grau de atendimento no decorrer do desenvolvimento do projeto (Pahl, Beitz, Feldhusen & Grote, 2005). No desenvolvimento do projeto de cadeira para exames radiológicos em deficientes físicos, foram estudados e identificados os requisitos:

- a. **Dimensões** o dimensionamento da altura do assento em relação ao solo deve possuir o tamanho que os extremos dos membros inferiores não fiquem em contato com o chão, assim deixando de impedir a radiografia do local. A escolha da área de superfície do assento, encosto de costas e pernas, terá que ser maior que uma cadeira convencional, pois além de acomodar confortavelmente um usuário obeso seguindo a norma NBR 9050 (ABNT, 2004), também será compatível com o tamanho da área da grade antidifusora e dos chassis de raios-X.
- b. **Material radiotransparente dos componentes** o material do assento, encosto e apoio para pernas deverá que possuir características radiotransparentes para não impedir a obtenção da imagem, também deverá possuir uma alta resistência para que possibilite sustentar o peso do paciente obeso, buscando atender parte desta população de deficientes físicos que atingem a obesidade devido a pouca prática de atividades físicas. O material então deve resistir ao peso de até 250 Kg estabelecidos pela norma NBR 9050 (ABNT, 2004).
- c. **Espessura do material radiotransparente** o material escolhido para os componentes assento, encosto e apoio para pernas não deverá apresentar espessura elevada, para que o conjunto não tenha peso elevado, o que vem a facilitar seu transporte e manuseio.
- d. **Material da estrutura** o material para a estrutura deverá ser mais resistente que os escolhidos para assento e encostos, pois suportará as mudanças de posicionamento dos pacientes e consequentemente o peso do usuário e de todas as outras partes do conjunto. Também deverá ser de fácil higienização e resistente à corrosão.

3.5. Escolha dos materiais

Conforme determinado no requisito **material radiotransparente**, os componentes assento, encosto e apoio para pernas deverão apresentar esta característica, para possibilitar a geração das imagens

a partir dos raios-X. Os materiais radiotransparente dependem principalmente do número atômico dos elementos, que definem os raios atômicos de cada um. O raio atômico é a metade da distância de dois átomos do mesmo elemento, ou seja, do mesmo material, considerando que os átomos sejam uma esfera para complementar esta definição, o raio atômico é a distância mínima entre dois átomos que não estejam ligados quimicamente (De Boni & Goldani, 2007). Na realização desta medida utilizam-se raios-X, que atravessam um material constituído de átomos ou íons de um elemento químico, sofrendo então um desvio. A imagem registrada mostra a posição dos núcleos dos átomos e a distância entre eles (Fogaça, 2012).

Os materiais considerados neste estudo, por conter características radiotransparentes foram o acrílico (PMMA), o polipropileno (PP), o poliestileno (OS), o policloreto de vinila (PVC rígido), o polietileno (PEAD), o policarbonato (PC), a fibra de aramida, a fibra de carbono e a fibra de vidro.

Para a escolha, dentre os materiais pré-selecionados, foi determinada a espessura de cada um deles para os componentes em questão (assento e encosto), com a utilização da fórmula de Young, que é parâmetro mecânico que proporciona uma medida da rigidez de um material sólido (Ribeiro, 2002) com o desvio de carga/flexão, com o valor de tolerância adotado de 5 mm, por causa da relação de proximidade entre as partes do projeto expressa na Equação 1:

Equação 1.

$$E = \text{Módulo de Young.}$$

$$L = 770 \text{ mm.}$$

$$F = 250\text{Kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 2500\text{N.}$$

$$b = 560 \text{ mm para o assento e } 700 \text{ mm para o encosto de costas.}$$

$$y = \text{Tolerância adotada de } 5 \text{ mm.}$$

$$d = \text{Espessura calculada.}$$

Observa-se que as medidas (em atendimento ao requisito **dimensões**) foram definidas em 560 mm de comprimento x 700 mm para o assento e 700 mm de comprimento x 700 mm de largura para o encosto, sendo compatível com o tamanho da área da grade antidifusora e dos chassis de raios-X. Para calcular a espessura dos mesmos (em atendimento ao requisito **espessura**), isola-se a espessura na fórmula (d), e substitui os outros valores de área e carga definidos para o projeto que são: comprimento, largura, tolerância ou flecha e força aplicada ao material (L , b , y e F , citado no parágrafo anterior). Os valores calculados aproximados (arredondados para cima) estão descritos na Tabela 2, onde pode-se verificar que, para os mesmos atributos, a fibra de carbono é o material que necessita de menor espessura.

A espessura determina o peso que os componentes possuirão (a partir do volume de cada componente e da densidade de cada material). O peso dos componentes é de grande importância para o projeto, pois implica no peso total do conjunto e na facilidade de transporte e manuseio do mesmo. O material selecionado para a estrutura foi o aço inoxidável, que tem como principais características a boa resistência à corrosão e a baixa rugosidade em sua superfície, o que facilita a sua higienização.

Tabela 1.
 Medidas de espessura das chapas do assento e encosto de costas.
 Fonte: Elaborado pelos autores.

MATERIAL	ESPESSURA DO ASSENTO (mm)	ESPESSURA DO ENCOSTO DE COSTAS (mm)
PMMA	43	40
PP	43	40
OS	47	43
PVC Rígido	33	31
PEAD	42	39
PC	36	34
Fibra de aramida	11	10
Fibra de carbono	8	7
Fibra de vidro	12	11

4. Resultados e discussões

Das dificuldades diárias pelas quais os deficientes físicos passam, o acesso aos serviços (incluindo os de saúde) é uma realidade em nossa sociedade brasileira e, conforme descrito por Castro et al. (2011), pode se tornar um grande obstáculo, tornando, por vezes, inviável seu acesso. Isto vem a contribuir e agravar problemas relacionados à saúde do usuário de cadeira de rodas, ao passo que o mesmo pode não ter a possibilidade, mesmo que disponível, de utilizar tais serviços.

O projeto desenvolvido vislumbrou a possibilidade de interferir e melhorar o acesso dos deficientes físicos aos exames radiológicos, através da concepção de uma cadeira para uso nos procedimentos de radiologia para fins diagnósticos.

A cadeira desenvolvida, a partir dos requisitos dimensões, material radiotransparente dos componentes e material resistente à corrosão da estrutura, busca suprir a necessidade principal, que é conferir aos deficientes físicos maior acessibilidade aos serviços de radiologia.

De acordo com os equipamentos mais comuns de radiologia pesquisados, não há qualquer produto que supra esta necessidade, sendo necessário em posicionamentos ortostáticos o auxílio de

terceiros para sustentar o paciente e em posicionamentos de decúbito ou auxílio de terceiros para transferi-lo para a mesa de radiografia. A cadeira desenvolvida em concordância com o pensamento de Sernaglia (2009), pode garantir o sucesso da reinserção do deficiente físico na sociedade. A proposta é apresentada na Figura 6.

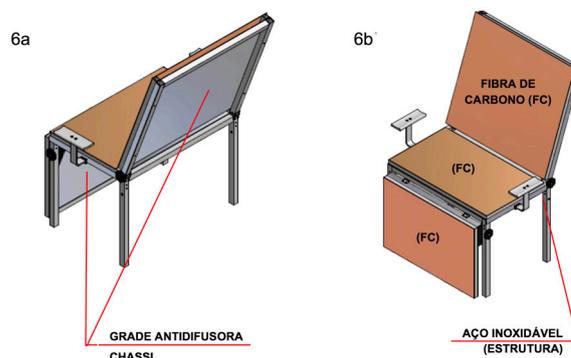


Figura 6.
Representação tridimensional da proposta.
Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 7 apresenta o apoio para perna dobrável e apoios para braços retráteis.

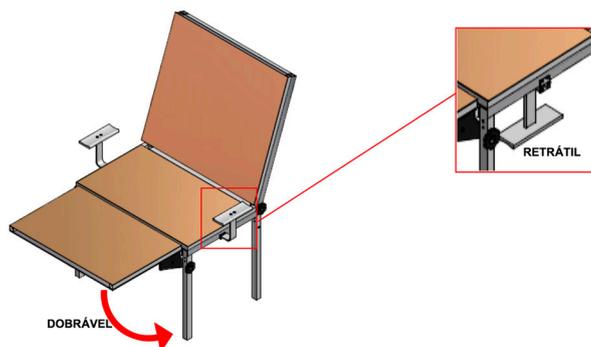


Figura 7.
Apoio para perna dobrável e apoios para braços retráteis.
Fonte: Elaborado pelos autores.

5. Conclusão

Com o estudo desenvolvido, foi possível verificar, embora devam ser reconhecidas as limitações intrínsecas às etapas metodológicas escolhidas, que existe a necessidade de proporcionar maior acessibilidade aos deficientes físicos aos serviços de radiologia diagnóstica.

O fato de o produto proposto possibilitar a realização das radiografias sem o auxílio de terceiros, sejam eles profissionais ou acompanhantes, sugere que os riscos físicos, ergonômicos e de teor psicológicos tendem a ser minimizados. Os riscos físicos pela possibilidade de não ser necessário um tempo excessivo de exposição à radiação. Os riscos ergonômicos pela não necessidade de terceiros (profissionais ou acompanhantes) sustentarem ou transportarem o paciente no momento do posicionamento para a execução do procedimento. Os riscos de teor psicológico pela segurança e autonomia que a cadeira proposta possa conferir aos deficientes físicos, tendendo a melhorar seu autoconceito e sua percepção de qualidade de vida.

Desenvolvido em um curso direcionado aos equipamentos médicos hospitalares (Tecnologia em Sistemas Biomédicos), este projeto deve ter continuidade no sentido de apresentar maiores detalhes técnicos, antropométricos e conceituais pautados no design ergonômico e assistivo.

Referências Bibliográficas

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2004). *Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. NBR 9050/2004. Rio de Janeiro.
- ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. (1998). *Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico*. Portaria Federal 453. Brasília.
- BONSIEPE, G. (1984). *Metodologia Experimental: Desenho Industrial*. Brasília: CNPq/Coordenação Editorial.
- BUSHONG, S. C. (2008). *Ciência radiológica para tecnólogos: física, biologia e proteção*. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier.
- CANEVARO, L. (2009). *Aspectos físicos e técnicos da Radiologia Intervencionista*. Revista Brasileira de Física Médica. 3 (1): 101-15. Rio de Janeiro.
- CASTRO, S. S.; LEFÈVRE, F.; LEFÈVRE, A. M. C.; CESAR, C. L. G. (2011). *Acessibilidade aos serviços de saúde por pessoas com deficiência*. Rev. Saúde Pública. 45 (1): 99-105. São Paulo.

- CHASSOT, A. (1995). *Raios-X e radioatividade. Química nova na escola*. São Paulo, v. 2, 13 jun..
- Chen, M. Y. M.; Pope, T. L. & Ott, D. J. (2011). *Radiologia Básica*. 2. ed. Porto Alegre: Amgh1.
- DIMENSTEIN, R. & HORNOS, Y. M. M. (2004). *Manual de proteção radiológica aplicada ao radiognóstico*. 2. ed. São Paulo: Apontamentos.
- DIMENSTEIN, R.; NETTO, T. G. (2002). *Bases físicas e tecnológicas aplicadas aos raios-X*. São Paulo: Senac São Paulo.
- EUFRÁSIO, S.; et al. (2013). *Riscos de exposição à radiação ionizante durante procedimentos endovasculares*. *Angiol Cir Vasc*. 09: 84-89.
- FIGUEIREDO, N.M.A. (2007). *Método e metodologia na pesquisa científica*. 2a ed. São Caetano do Sul, São Paulo, Yendis Editora.
- FOGAÇA, J. R. V. (2012). *O raio atômico: o tamanho do átomo*. Disponível em: <<http://www.mundoeeducacao.com/quimica/raio-atomico-tamanho-atomo.htm>>. Acesso em: 31 mai. 2015.
- FURQUIM, T. A. C.; COSTA, P. R. (2009). *Garantia de qualidade em radiologia diagnóstica*. *Revista Brasileira de Física Médica*. 3 (1): 91-99.
- KASSADA, D. S.; LOPES, F. L. P. & KASSADA, D. A. (2011). *Ergonomia: atividades que comprometem a saúde do trabalhador*. VII Encontro Internacional de Produção Científica. Foz do Iguaçu.
- GOLDANI, E. & DE BONI, L. A. B. (2007). *Introdução Clássica à Química Geral: grupo tchê química*. Ed. Porto Alegre: Tchê Química Cons. Educ. LTDA.
- IIDA, I. (2005). *Ergonomia: projeto e produção*. São Paulo: Edgard Blücher Ltda.
- LIMA, R. DA S.; AFONSO, J. C. (2008). *Raios-X: fascinação, medo e ciência. Química nova*. Rio de Janeiro, v. 32, n. 1, 10 dez. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v32n1/v32n1a44.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2015.
- OLIVEIRA, L. S. T. (2013). *Conceitos de Incidências Radiológicas*. Disponível em: <<http://www.lucianosantarita.pro.br/>>. Acesso em: 22 abr. 2015.
- PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J. & GROTE, K. (2005). *Projeto na engenharia: fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações*. Trad. Werner, H. A., 6ª ed. São Paulo: Editora Edgar Blücher.
- PEREIRA, R. (n.d.). *Equipamentos radiológicos*. Disponível em: <<http://playmagem.com.br/radiologia/evolucao.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2015.
- POLETO, A. R.; VILAGRA, J. M.; ESTEVES, A. C.; GONTIJO, L. A.; SILVESTRE, M. V. (2007). *Riscos ocupacionais no posto de trabalho do técnico de radiologia de um hospital federal*. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu.
- PUPO, D. T.; MELO, A. M. & FERRÉS, S. P. (2006). *Acessibilidade: discurso e prática no cotidiano das bibliotecas*. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- RIBEIRO, R. (2002). *Materiais polímeros e compósitos: relatório*. Universidade do Porto, Porto.
- ROMEIRO FILHO, E. et al. (2010). *Projeto do Produto*. Rio de Janeiro: Editora Campus Elsevier.
- SANTOS, M. R. P. (n.d.). *Exames radiográficos de tórax: abordagem, incidências e posicionamentos do usuário*. Disponível em: http://rle.dainf.ct.utfpr.edu.br/hipermidia/images/documentos/Exames_radiograficos_do_torax.pdf. Acesso em: 01 set 2015.
- SERNAGLIA, M. B. (2009). *Avaliação do autoconceito em cadeirantes praticantes de esporte adaptado*. 2009. 73 f. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- VAL, F. L. DO. (2006). *Manual de técnica radiográfica*. Barueri: Manole.
- VELUDO, P. C. (2011). *Efeitos da radiação X e níveis de exposição em exames imagiológicos: inquéritos a clínicos gerais*. 2011. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Medicina, Universidade de Coimbra, Coimbra.

