

INOVAÇÃO FRUGAL COMO ESTRATÉGIA DE SEGURANÇA HOSPITALAR: RELATO DE CASO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DE TRAVAS DE BAIXO CUSTO EM MONITORES MULTIPARÂMETROS

Giovanny dos Santos Melo*

Petrucio Abrantes Samento†

RESUMO

A relação entre equipamentos médicos e a segurança do paciente é determinante para a qualidade da assistência em saúde. Esses dispositivos, de alto valor agregado, estão sujeitos a riscos que incluem uso inadequado e extravio, especialmente em situações de agitação psicomotora em serviços de emergência, que podem resultar em eventos adversos. Este relato de caso, realizado no Hospital Alberto Urquiza Wanderley (Unimed João Pessoa), descreve o desenvolvimento de uma solução de baixo custo, concebida e implementada pela Engenharia Clínica da instituição, após incidentes envolvendo pacientes e monitores multiparâmetros. A aquisição de suportes originais mostrou-se financeiramente inviável, motivando a criação de travas de ancoragem produzidas por impressão 3D. O dispositivo apresentou custo unitário

** Engenheiro eletricista com ênfase em eletrônica, MBA em engenharia clínica pela Faculdade Unimed. Foi Coordenador Corporativo de Engenharia Clínica da Unimed João Pessoa durante o período relatado no trabalho. Atualmente bolsista CNPq no programa de Mestrado Acadêmico em Inovação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Paraíba.

† engenheiro eletricista com ênfase em eletrônica, MBA em engenharia clínica pela Faculdade Unimed. Foi Coordenador Corporativo de Engenharia Clínica da Unimed João Pessoa durante o período relatado no trabalho. Atualmente bolsista CNPq no programa de Mestrado Acadêmico em Inovação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Paraíba

significativamente inferior, mantendo segurança e funcionalidade. Testes práticos confirmaram sua eficácia, prevenindo quebras, remoções não autorizadas e extravios de equipamentos, além de evitar transferências indevidas entre setores. Desde sua implementação, em 2023, não foram registrados novos incidentes. Este estudo reforça a importância da inovação frugal e destaca o papel estratégico da Engenharia Clínica na mitigação de riscos, na proteção patrimonial, na promoção da segurança do paciente e no fomento à inovação e gestão de tecnologias para saúde.

Palavras-chave: Engenharia Clínica. Segurança do Paciente. Impressão 3D. Gestão de Tecnologias em Saúde. Inovação Frugal.

FRUGAL INNOVATION AS A HOSPITAL SAFETY STRATEGY: CASE REPORT ON THE IMPLEMENTATION OF LOW-COST LOCKING MECHANISMS IN MULTIPARAMETER MONITORS

ABSTRACT

The relationship between medical equipment and patient safety is a key determinant of healthcare quality. These high-value devices are exposed to risks such as improper use and misplacement, particularly during episodes of psychomotor agitation in emergency services, which may lead to adverse events. This case report, conducted at Hospital Alberto Urquiza Wanderley (Unimed João Pessoa), describes the development of a low-cost solution designed and implemented by the institution's Clinical Engineering Department following incidents involving patients and multiparameter monitors. The acquisition of original mounting supports proved financially unfeasible, prompting the creation of anchoring locks produced via 3D printing. The device demonstrated a significantly lower unit cost while maintaining safety and functionality. Practical tests confirmed its effectiveness in preventing equipment damage, unauthorized removal, and loss, as well as avoiding improper transfers between departments.

Artigos

Articles

Since its implementation in 2023, no new incidents have been reported. This study reinforces the importance of frugal innovation and highlights the strategic role of Clinical Engineering in risk mitigation, asset protection, patient safety promotion, and the advancement of innovation and health technology management.

Keywords: Clinical Engineering. Patient Safety. 3D Printing. Health Technology Management. Frugal Innovation.

1 INTRODUÇÃO

O manejo clínico de pacientes em estado de agitação ou agressividade constitui um desafio diário para os profissionais de saúde (MANTOVANI et al., 2010). Tal quadro clínico pode desencadear eventos adversos relacionados ao uso inadequado de equipamentos e aumentar a ocorrência de acidentes como quedas, que representam uma parcela significativa dos incidentes hospitalares (XELEGATI et al., 2019). Nesse contexto, o Programa Nacional de Segurança do Paciente (PNSP) aborda os riscos inerentes à interação entre pessoas e equipamentos (BRASIL, 2014), sendo que sua portaria de instituição, a MS/GM nº 529/2013, já estabelecia a necessidade de implantação de protocolos para o uso seguro de equipamentos e materiais em unidades de saúde (BRASIL, 2013).

Além disso, o parque tecnológico hospitalar, composto por equipamentos de alto custo, está constantemente exposto a riscos que ultrapassam a interação direta com pacientes, incluindo quedas durante o transporte, extravios, trocas indevidas entre setores e outros acidentes que resultam em danos e perdas financeiras. O gerenciamento e a mitigação desses riscos exigem uma abordagem multidisciplinar, mas a responsabilidade pela gestão e preservação desses ativos recai, em grande parte, sobre a Engenharia Clínica.

A qualidade da assistência em saúde está diretamente ligada à disponibilidade de equipamentos médicos modernos e funcionais, que constituem ativos de alto valor. A gestão e preservação desse patrimônio tecnológico são particularmente desafiadoras diante das intensas pressões econômicas que o setor hospitalar enfrenta atualmente (AMERICAN HOSPITAL

Artigos

Articles

ASSOCIATION, 2024). Frequentemente percebida apenas como um setor de manutenção corretiva, a Engenharia Clínica possui o potencial estratégico para apoiar no enfrentamento desse desafio. Ao invés de ser apenas um centro de custo, o setor pode atuar como um núcleo de inovação, desenvolvendo soluções internas seguras e de baixo custo que não apenas garantem a segurança do paciente, mas também otimizam os resultados financeiros, uma necessidade fundamental no contexto da saúde suplementar.

Nesse contexto, a impressão 3D desponta como tecnologia transformadora. Entretanto, sua utilização em hospitais ainda é predominantemente restrita à produção de modelos anatômicos, órteses e próteses conforme evidenciado por MORIMOTO et al., (2021) e MATTOS et al., (2023), sendo pouco explorada como recurso para infraestrutura ou segurança de equipamentos existentes. A capacidade de produção local de peças para equipamentos médicos é uma das formas mais diretas de apoio financeiro que um departamento de engenharia pode prover a uma unidade hospitalar. (SAMPAIO; LUIZ, 2021)

O presente artigo descreve um relato de caso que ilustra a aplicação inovadora da

impressão 3D no desenvolvimento de uma solução de baixo custo para proteção de monitores multiparâmetros, evidenciando o papel proativo da Engenharia Clínica na mitigação de riscos e na promoção da segurança em saúde.

2. RELATO DO CASO

2.1 Apresentação do Problema

Em uma unidade hospitalar de grande porte, um paciente em estado de surto psicótico removeu um monitor multiparâmetro de seu suporte de parede e o utilizou como um projétil contra um acompanhante. O ato resultou em lesões físicas na vítima e em danos ao equipamento, que havia sido recentemente adquirido como parte de um lote de 50 novas unidades após quase dois anos de planejamento. Em outro caso, poucas semanas após, um paciente de UTI em estado de agitação derrubou um monitor sobre si mesmo gerando pequenos ferimentos ao paciente e perda total do equipamento. Um terceiro caso ocorreu quando uma colaboradora derrubou um monitor ao manipular o sensor de oximetria. Neste último caso não houve danos ao paciente, mas sim ao equipamento que ficou

sem imagem. A instituição, no total, possui um parque tecnológico com mais de 160 monitores multiparâmetros de diferentes modelos, além de outros equipamentos vulneráveis, evidenciando a potencial escala do problema.

2.2 Análise de Viabilidade e Solução Proposta

O departamento de engenharia clínica, após perceber o problema, iniciou a busca por soluções visando garantir a segurança dos pacientes e do parque tecnológico. A primeira ação corretiva avaliada foi a compra de suportes de segurança ofertados pelo fabricante priorizando os equipamentos recém adquiridos que encontravam-se alocados em áreas de alto risco, como o pronto atendimento. O custo apresentado em orçamento foi de R\$ 2.200,00 por unidade, o que demandaria um investimento total de R\$ 110.000,00 apenas para proteger este lote de 50 monitores. A extração desse custo para todo o parque de equipamentos do hospital tornava a solução comercial proibitiva pois estava totalmente fora do orçamento previsto para aquele ano reforçando a necessidade de uma alternativa

interna visando uma solução efetiva a baixo custo afim de garantir a segurança aos pacientes.

A união de um risco assistencial inaceitável com o alto custo da solução de mercado exigiu a busca por estratégias alternativas. A metodologia para o desenvolvimento foi fundamentada no conceito de inovação frugal, que consiste em gerar soluções de alto impacto com otimização de recursos visando não apenas o problema, mas as atitudes que podem ser tomadas para corrigi-lo (CORSINI et al., 2020). Com base nesse conceito, a Engenharia Clínica iniciou o projeto e a manufatura aditiva (impressão 3D) de travas de segurança utilizando-se de equipamentos que já existiam no hospital. Tal iniciativa foi projetada para se integrar à infraestrutura existente, aproveitando os suportes já instalados para apresentar uma solução de baixo custo e alta eficácia para o problema em questão.

2.3 Desenvolvimento e Validação da Solução

Todo o projeto, desde a concepção e modelagem até a produção e instalação, foi

Artigos

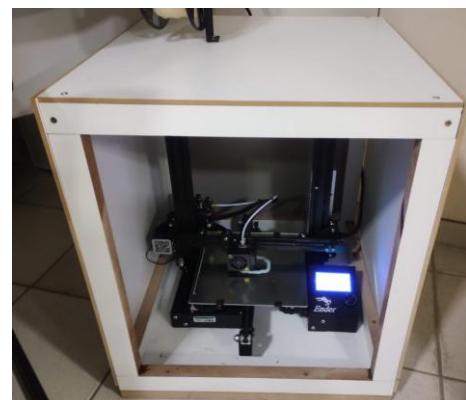
Articles

conduzido pela equipe de Engenharia Clínica do hospital. Após a modelagem de diversas formas de trava um modelo se apresentou promissor unindo economia, simplicidade e segurança. Após o design do modelo, iniciou-se a fase de prototipagem. Foram testados materiais comuns e econômicos disponíveis no mercado como PLA e ABS, porém ambos não demonstraram a resistência mecânica necessária para garantir a segurança do equipamento vindo a romper quando submetidos a força excessiva. A equipe, então, optou pelo Tritan, um copoliéster mais robusto, resistente a impactos e que pode ser utilizado até em contato com alimentos.

A utilização do novo material, no entanto, introduziu um desafio de manufatura. Devido à sua maior sensibilidade a variações térmicas, as peças começaram a apresentar o fenômeno de *warping* que é uma deformação na base durante a impressão que inviabilizava a produção em escala. Para solucionar essa questão, a equipe desenvolveu um gabinete de enclausuramento para a impressora 3D. Utilizando madeira reaproveitada que seria descartada pela marcenaria do hospital. A estrutura foi construída para manter um ambiente com temperatura estável,

impedindo a circulação de ar e a dissipação de calor. Essa intervenção eliminou o efeito de *warping*, garantindo a repetibilidade e a qualidade dimensional necessárias à produção.

Figura 1: Processo de construção do gabinete para impressora 3D.



Fonte: Autoria própria.

O custo de produção de cada trava final manteve-se inferior a R\$ 1,00 (um real) e com o novo gabinete iniciou-se a produção em massa. Foram realizados múltiplos testes práticos de resistência, nos quais a equipe tentou, de diversas formas, arrancar o monitor do suporte com a trava

Artigos

Articles

instalada simulando um paciente em estado agressivo. Em nenhum dos ensaios as travas se romperam ou soltaram o equipamento.

Figura 2: Do lado esquerdo o monitor preso ao suporte na morsa de teste e à direita todo suporte metálico sendo sustentado a partir do monitor preso com as peças produzidas.



Fonte: Autoria Própria.

As instalações das travas foram feitas gradualmente por setor durante um período educativo. Para a instalação, foram feitos furos nos suportes de parede já existentes com brocas pela equipe da Engenharia Clínica, e as travas foram

fixadas com parafusos do tipo Allen e porcas travantes, reaproveitando o material que já havia disponível no hospital. Esse método não apenas fixou o equipamento contra a remoção por pacientes, mas também dificultou a remoção pela própria equipe assistencial, evitando um problema comum em hospitais: a transferência não autorizada de equipamentos entre setores já que as chaves Allen são menos comuns que as chaves de fenda comuns, por exemplo.

Figura 3: Detalhe das travas instaladas e posicionamento do monitor com as travas.



Fonte: Autoria própria.

3. DISCUSSÃO

Este caso, ocorrido na Unimed João Pessoa, exemplifica de forma prática como a Engenharia Clínica pode ser compreendida não apenas como um setor de manutenção corretiva, mas como um núcleo estratégico de inovação em saúde. A restrição orçamentária, frequentemente vista como um entrave, atuou neste cenário como catalisador de uma solução criativa e alinhada ao conceito de inovação frugal, definido como a capacidade de desenvolver soluções de alta qualidade com o mínimo de recursos, gerando valor em contextos de forte limitação (CORSINI; MOULTRIE, 2021).

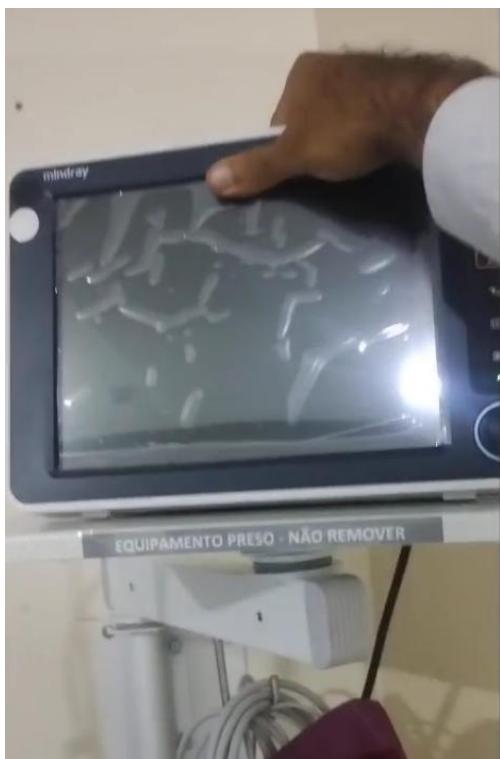
A solução desenvolvida atendeu a uma necessidade crítica de segurança, ao mesmo tempo em que gerou economia substancial para a instituição, demonstrando que a Engenharia Clínica pode contribuir de forma significativa para a sustentabilidade organizacional por meio de inovação tecnológica.

Do ponto de vista tecnológico, a utilização da impressão 3D para criar um componente de segurança destinado a

equipamentos já existentes representa um avanço relevante. Embora a literatura destaque o uso dessa tecnologia predominantemente em modelos anatômicos, órteses e próteses como mostrado por MORIMOTO et al., (2021) e SANTOS JÚNIOR et al., (2024), este relato ilustra uma aplicação pioneira voltada à infraestrutura hospitalar e à mitigação de riscos.

Sob a perspectiva da gestão de riscos, a solução implementada configura-se como barreira física eficaz (MANTOVANI et al., 2010). Como prevê o modelo de James Reason, pessoas cometem erros, mas cada barreira criada é um mecanismo para evitar erros e mitigar eventos adversos (BRASIL, 2024). A efetividade da solução foi evidenciada com impacto comprovado: desde sua adoção, não foram relatados novos casos de quebra, extravio ou remoção não autorizada de monitores multiparâmetros. Tal resultado reforça o papel da Engenharia Clínica como um centro de inovação capaz de desenvolver soluções customizadas que enfrentam desafios operacionais e financeiros, contribuindo diretamente para a segurança do paciente e a eficiência institucional (TORELLY, 2019).

Figura 4: Monitor fixo em leito de pronto atendimento com aviso.



Fonte: Autoria própria.

4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento interno de travas de segurança para monitores multiparâmetros por meio da impressão 3D demonstrou-se uma estratégia altamente eficaz, segura e economicamente viável. Além de assegurar maior proteção a pacientes, colaboradores e patrimônio institucional, a iniciativa gerou economia

superior a 99%, consolidando-se como exemplo concreto de inovação frugal aplicada à saúde.

Os resultados obtidos na Unimed João Pessoa evidenciam a possibilidade de produção de dispositivos de baixo custo para apoio ao ambiente hospitalar de forma interna e reiteram casos como o de SAMPAIO e LUIZ (2020) onde foi desenvolvido um conector para aspiração de fluidos por cerca de 35% do valor do item importado apoiando a instituição e reduzindo a dependência de fornecedores.

Contudo, reconhece-se como principal limitação deste trabalho o fato de o design da trava ser específico para determinados modelos de uma única marca de monitor, não possuindo aplicabilidade universal. Essa limitação, no entanto, abre caminhos para pesquisas futuras, que poderiam focar no desenvolvimento de travas com design ajustável ou na criação de um portfólio de modelos para diferentes marcas de monitores.

A solução, escalável para todo o parque tecnológico hospitalar, mostrou-se sustentável, prática e com impacto imediato. Este relato de caso evidencia que a Engenharia Clínica, quando posicionada como centro de desenvolvimento

Artigos

Articles

tecnológico, é capaz de transformar desafios em oportunidades, promovendo soluções de alto impacto para a gestão de

riscos, a segurança do paciente e a sustentabilidade econômica das instituições de saúde.

REFERÊNCIAS

AMERICAN HOSPITAL ASSOCIATION. *America's Hospitals and Health Systems Continue to Face Escalating Operational Costs and Economic Pressures*. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. *Portaria nº 529, de 1º de abril de 2013. Institui o Programa Nacional de Segurança do Paciente (PNSP)*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2 abr. 2013. Seção 1, p. 43.

BRASIL. Ministério da Saúde; FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ; AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *Documento de referência para o Programa Nacional de Segurança do Paciente*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2014.

CORSINI, L.; MOULTRIE, J. *Frugal innovation in a crisis: the digital fabrication maker response to COVID-19*. *R&D Management*, v. 51, n. 2, p. 195-210, 2021.

MANTOVANI, C.; MIGON, M. N.; ALHEIRA, F. V.; DEL-BEN, C. M. *Manejo de paciente agitado ou agressivo*. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, v. 32, supl. II, p. S96-S103, 2010.

MATTOS, R. N. et al. *Inovações tecnológicas na medicina: impressão 3D*. *Brazilian Journal of Development*, v. 9, n. 8, p. 25517-25526, 2023.

MENDES, L. M. C. et al. *Modelo educacional usando impressora 3D na prototipagem do ensino para resolução de problemas na saúde*. *Research, Society and Development*, v. 14, n. 1, e1614147883, 2025.

MORIMOTO, S. Y. U. et al. *Órteses e próteses de membro superior impressas em 3D: uma revisão integrativa*. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, v. 29, e2078, 2021.

Artigos

Articles

OLIVEIRA, D. A. L.; LAVOR, P. M. T.; BEZERRA, F. A. *Gerenciamento de risco e visitas da qualidade no hospital*. Revista Científica da Faculdade Unimed, v. 1, n. 1, 2019.

SAMPAIO, C. P.; LUIZ, S. M. F. *Design e impressão 3D na pandemia: uma análise de possibilidades a partir do modelo teórico DFSS*. Mix Sustentável, v. 7, n. 4, p. 149-160, 2021.

SANTOS JÚNIOR, H. C. F. et al. *Análise da custo-efetividade da órtese biomecânica por tecnologia de impressão 3D na reabilitação pós acidente vascular cerebral isquêmico*. Revista Eletrônica Acervo Saúde, v. 24, n. 2, e13811, 2024.

SOUZA, L. M. S. et al. *Fatores associados à contenção mecânica no ambiente hospitalar: estudo transversal*. Revista da Escola de Enfermagem da USP, v. 53, e03473, 2019.

TORELLY, F. *Uma nova plataforma produtiva de cuidado em saúde*. Revista Científica da Faculdade Unimed, v. 1, n. 1, 2019.

XELEGATI, R. et al. *Eventos adversos relacionados ao uso de equipamentos e materiais na assistência de enfermagem a pacientes hospitalizados*. Revista da Escola de Enfermagem da USP, v. 53, e03503, 2019.