RACIONALIZAÇÃO DA BANDEJA CIRÚRGICA: UMA ABORDAGEM LEAN-HEALTHCARE PARA REDUZIR OS CUSTOS EM UMA PLANTA DE ESTERILIZAÇÃO

Bruno Miranda
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Av. Osvaldo Aranha, 99 - Centro Histórico, Porto Alegre - RS, 90035-190
Brmiranda10@gmail.com

Flavio Fogliatto
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Av. Osvaldo Aranha, 99 - Centro Histórico, Porto Alegre - RS, 90035-190
ffogliatto@gmail.com

Michel Anzanello
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Av. Osvaldo Aranha, 99 - Centro Histórico, Porto Alegre - RS, 90035-190
michel.anzanello@gmail.com

Leandro Tonetto
Universidade do Vale do Rio dos Sinos
Av. Unisinos, 950, Bairro Cristo Rei, São Leopoldo - RS, 93.022-750
ltonetto@unisinos.br

Rafael Calegari
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Av. Osvaldo Aranha, 99 - Centro Histórico, Porto Alegre - RS, 90035-190
rafael.calegari@gmail.com

RESUMO

A maioria dos itens processados nas plantas de esterilização vem do bloco cirúrgico na forma de instrumentos individuais, roupa de cama e bandejas cirúrgicas (STs). Reduzir o número de instrumentos nas STs reflete no desempenho do processo de esterilização. Este estudo propõe um método trifásico, baseado em princípios de assistência à saúde enxuta, análise de cluster e grupos de especialistas kaizen para racionalizar as STs, reduzindo os custos de processamento da esterilização. É proposta uma estratégia para abordar a racionalização de STs, priorizando especialidades cirúrgicas complexas e frequentes, e usando a tecnologia de grupo para agrupar STs, agilizando análises especializadas realizadas por grupos kaizen. O método foi validado em um hospital terciário de alta complexidade, abrangendo 12 especialidades cirúrgicas, reduzindo o número de instrumentos em média 9,75%, obtendo uma economia anual de US$284.432,00 nos custos de processamento de esterilização.

PALAVRAS CHAVE. Assistência médica enxuta, Grupos Kaizen, Análise de cluster.

PM (Programação Matemática) e ADM (Apoio à decisão multicritério)

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

ABSTRACT

Most of the items processed in the sterilization plants come from the surgical block in the form of individual instruments, bedding and surgical trays (STs). Reducing the number of instruments in STs reflects on the performance of the sterilization process. This study proposes a three-phase method, based on principles of lean health care, cluster analysis and groups of kaizen specialists to rationalize STs, reducing sterilization processing costs. A strategy is proposed to address the rationalization of STs, prioritizing complex and frequent surgical specialties, and using group technology to group STs, streamlining specialized analyzes performed by kaizen groups. The method was validated in a highly complex tertiary hospital, covering 12 surgical specialties, reducing the number of instruments by an average of 9.75%, obtaining an annual savings of US $ 284,432.00 in sterilization processing costs.

KEY WORDS. Lean health care, Kaizen Groups, Cluster analysis.

PM (Mathematical Programming) and ADM (Support for multicriteria decision)

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

1. Introdução

Nas últimas décadas, os hospitais e os sistemas de saúde têm se concentrado em melhorar a eficiência de suas operações para atender às crescentes demandas de atendimento de qualidade, com segurança e baixo custo. Apesar disso, os custos com cadeia de suprimentos ainda representam uma parcela expressiva do orçamento operacional de um hospital, com média de 40% [Dobson et al. 2015]. A adoção do *lean* no setor da saúde tem apresentado um avanço importante, não apenas no gerenciamento de saúde, mas também para melhorar a eficiência do trabalho, reduzir custos e tempo de processamento de pacientes e melhorar a qualidade geral dos serviços [Wood 2014]. Dessa forma, esforços gerenciais que otimizem os processos são de extrema valia, tendo o gerenciamento da eficiência como um eixo que permeia vários processos colaterais anteriormente negligenciados. Um desses processos que tem recebido atenção recente é a racionalização de bandejas cirúrgicas.

Bandejas cirúrgicas (STs) são recipientes que acondicionam instrumentos cirúrgicos [Kroes 2009]. Um determinado ST compreende instrumentos que são usados por cirurgiões que executam um procedimento, ou um grupo de procedimentos similares, dentro de uma especialidade. Quando projetado adequadamente, um ST fornece o conjunto mínimo de instrumentos necessários para executar o maior número de tipos de procedimentos dentro de uma especialidade. A obtenção desse conjunto mínimo é limitada por pelo menos três fatores: (i) preferências dos cirurgiões, (ii) pontos comuns em procedimentos cirúrgicos e (iii) avanços nas técnicas cirúrgicas que tornam alguns instrumentos obsoletos com o passar do tempo.

As salas de operações (OR) dos hospitais são centros de custos, responsáveis por cerca de 60% do custo total dos hospitais [Weiss et al. 2016; Mhlaba et al. 2015], ao mesmo tempo que geram receita expressiva [Cardoen et al., 2015]. Esse valor alto é devido ao fato de uma OR receber diferentes materiais, como medicamentos, roupas e instrumentos cirúrgicos. Todos os materiais fornecidos devem ser estéreis e podem ser classificados como itens descartáveis, que teve seu uso motivado inicialmente por uma variedade de fatores, por exemplo, o potencial controle de infecção. O crescimento dos custos com saúde, particularmente nos EUA [Squires e Anderson 2015] , e a pressão para reduzir o desperdício hospitalar [Campion et al. 2015] cria um cenário no qual o reprocessamento de itens não apenas reutilizáveis, mas de uso único está se tornando uma tendência [Mansur 2017].

A redução do número de instrumentos em STs tem impacto diretamente sobre o desempenho do centro de esterilização (CE), tanto em termos de custos e controle de resíduos. A literatura mostra que em quatro especialidades cirúrgicas diferentes, foi relatado que apenas 13% a 25% dos instrumentos das bandejas são usados nos procedimentos [Florijn 2008; Chin et al. 2014; Van Meter et al. 2016]. Os instrumentos não utilizados representam uma perda em várias áreas para o hospital, por exemplo, aumentam os custos de processamento e o tempo de configuração da OR, aumentam o desgaste de instrumentos processados desnecessariamente, aumenta a possibilidade de erro de montagem da ST e aumenta o peso da ST [Byrnes et al. 2017; Schneider et al. 2020].

Neste artigo, é proposta uma abordagem enxuta orientada à assistência médica com o objetivo de reduzir custos em um CE por meio da racionalização de instrumentos. Três etapas foram consideradas: (i) priorizar, (ii) racionalizar e (iii) validar. Na primeira etapa, foi analisado um banco de dados contendo um registro das cirurgias anteriores afim de identificar os procedimentos e suas frequências de ocorrências. A partir da segunda etapa, grupos kaizen foram formados com cirurgiões e equipe de apoio operacional da especialidade escolhida para ser o piloto para coletar informações acerca dos instrumentos que não eram usados nos procedimentos. A terceira fase serviu para testar as STs revisadas nas ORs por um período definido no encontro kaizen. A contribuição desta pesquisa para os sistemas de saúde pode ser vista sob dois vieses. O primeiro demonstra que é possível aumentar a eficiência dos processos atrelados ao CE e a OR, como redução do tempo de montagem da ST, peso da ST, agrupamentos de ST de determinada especialidade e preparação da OR. O segundo remete a utilização de grupos multidisciplinares

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

(kaizen) na tarefa de racionalizar as STs. Ao considerar a opinião de especialistas de várias áreas, o método se torna mais robusto.

2. Revisão da literatura

A literatura sobre gestão em saúde cresceu consideravelmente nos últimos anos em temas como programação da OR [por exemplo, Cardoen et al. 2015; Dobson et al. 2016], mas raramente aborda questões como a logística da OR, apesar de sua importância em termos econômicos [Cichos et al. 2017]. A racionalização das STs está diretamente relacionada à logística OR, porém, o estudo desse tema na literatura ainda é incipiente. Uma revisão foi realizada a fim de explorar as obras que foram dedicadas à racionalização e a otimização de STs.

Lean healthcare tem se destacado com um tópico de pesquisa emergente nos últimos anos, com várias aplicações relatadas na literatura [Costa e Godinho Filho 2016], sendo que algumas delas abordando a racionalização de STs. Bachmann et al. (1998) foi provavelmente o primeiro autor a levantar a questão da racionalização de instrumentos em STs, ao identificar instrumentos utilizados com pouca frequência, sendo proposto a eliminação da ST permanente e embalados separadamente. O segundo estudo que se tem conhecimento, foi publicado apenas nove anos após. Bush (2007) identificou instrumentos desnecessários em kits de salas de cirurgia como um problema a ser tratado usando princípios enxutos. Adaptando os sete resíduos propostos por Ohno (1988) aos cuidados de saúde, a presença de instrumentos não utilizados nas STs foi categorizada como desperdício de estoque disponível. Embora reconhecido, nenhuma abordagem foi proposta para resolver o problema.

Alguns estudos recentes utilizaram princípios enxutos para propor uma racionalização de instrumentos. Farrokhi et al. (2015) utilizaram o princípio do 5s (seleção, organização, limpeza, conservação e autodisciplina) e obtiveram uma redução de 70% na quantidade de instrumentos usados para executar cirurgias minimamente invasivas da coluna vertebral e cirurgias complexas de estimulação cerebral. Sob o ponto de vista econômico, os autores relatam uma redução na ordem de US$60.000 em desperdícios de dinheiro em assistência médica durante um período de um ano. Farrely et al. (2017), inspirados pelas bem-sucedidas metodologias de melhoria de desempenho "*Lean*" e "*Six Sigma*" das indústrias de manufatura, diminuíram os custos associados com o processamento de instrumentos cirúrgicos em um grande centro médico acadêmico. O estudo envolveu uma equipe multidisciplinar que avaliou as bandejas pediátricas, identificou e eliminou instrumentos desnecessários e padronizou como uma bandeja única de cirurgia pediátrica. Evidências sugerem que a redundância de instrumentos na OR tende a ser alta e que a economia de custos poder ser alcançada racionalizando as STs. Nesse sentido, Crosby et al. (2019) propuseram uma sistemática para quantificar a economia de tempo potencial associada a racionalização da ST em quatro procedimentos: amigdalectomia, cirurgia sinusal, septoplastia e septorrinoplastia. Os tempos de montagem das bandejas foram significativamente menores após a racionalização, com redução percentual no tempo variando de 58% a 66% ($P<.05$). No OR, a redução percentual no tempo de instalação variou de 26% a 37% ($P<.05$). Verificou-se também que a variabilidade nos tempos de montagem e configuração são menores após intervenção.

Greenberg, Wylie e Robinson (2012) analisaram a implementação de um kit, chamado Brigham 20, que era composto por 20 instrumentos para serem utilizados em dez partos cesáreos planejados por dez obstetras. O kit foi validado por ginecologistas e obstetras certificados nos Estados Unidos. Os autores verificaram o nível de satisfação da equipe com o uso do kit por meio de um questionário. Em uma escala de 1-10, onde 10 é melhor, o nível médio de satisfação foi de 8,7. Apesar de os autores não fornecerem detalhes sobre como os instrumentos foram selecionados para compor o kit, a solução evidenciou economias de tempo, eliminação de instrumentos desnecessários, menor variabilidade de desempenho e maior eficiência. Redução de custos não foram relatadas diretamente, mas entende-se que também foi alcançada.

As STs de instrumentos cirúrgicos de cabeça e pescoço foram objeto do estudo de Dyas et al. (2018). Líderes da equipe da OR avaliaram a ST e classificaram os instrumentos como

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

"necessários" ou "desnecessários", com base no uso durante tireoidectomias e paratireoidectomias. O tempo de preparação da sala de operações, peso das STs, número de STs e quantidade de instrumentos foram registrados para as STs originais e novas. O conjunto cirúrgico inicial da cabeça e pescoço foi reduzido de duas bandejas com 98 instrumentos no total para uma bandeja com 36 instrumentos. O peso da bandeja diminuiu de 27 libras para 10 libras. O tempo de preparação da bandeja diminuiu de 8 para 3 min. A nova bandeja economizou US$31,62 (US$49,98 a US$18,36) por operação em custos de reprocessamento. A economia anual projetada com implementação em todo o hospital é superior a US$28.000,00 apenas para o processamento de instrumentos.

Outros estudos utilizaram programação matemática e análise de custos para abordar o problema de agrupamento de instrumentos em STs. Estudos empíricos mostram que uma percentagem expressiva de instrumentos que fazem parte da ST não é utilizada, mesmo assim, precisam ser limpos e esterilizados novamente. Além disso, cada ST precisa ser frequentemente levantada, o que expõe enfermeiros e técnicos em risco de desenvolvimento de perturbações musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho. Ahamadi et al. (2019) tratam deste assunto como sendo um problema complexo (NP-hard), conhecido como Problema de Otimização da ST (TOP). Os autores desenvolveram um modelo matemático de dois objetivos para resolver o TOP com o intuito de melhorar simultaneamente a taxa de utilização dos instrumentos e minimizar os tipos de bandeja necessários para cada procedimento. Foi estabelecido uma nova heurística usando pesquisa local iterada, o que resultou em uma solução rápida e eficiente do problema, quando comparado com outros métodos exatos conhecidos. Demonstrou-se em que medida a alteração do limite de peso das bandejas pode ter implicações no número de tipos de STs e na taxa de utilização de instrumentos nas STs.

Dobson et al. (2015) propuseram uma formulação de programação linear inteira para avaliar até que ponto seria mais vantajoso utilizar kits de instrumentos ao invés de STs. O objetivo foi minimizar os custos associados à propriedade, manutenção e uso de bandejas e instrumentos. Suas proposições foram testadas usando dados de um hospital americano de médio porte, com foco em procedimentos na especialidade de cirurgia geral. A racionalização de bandejas não era o objetivo principal, embora modularizando o conteúdo das bandejas fosse possível reconfigurar as bandejas para conter menos instrumentos. Aplicações de programação matemática similares foram propostas por Reymondon, Pellet e Marcon (2008) para a mesma configuração de problemas, embora usando restrições não-lineares e exibindo pior desempenho computacional, e por Cardoen, Belien e Vanhoucke (2015), concentrando-se em pacotes de itens descartáveis médicos e testando uma abordagem exata da solução de programação linear e uma heurística baseada em programação linear.

Mhlaba et al. (2015) realizaram uma comparação de custos entre instrumentos embalados individualmente e embalados em STs, observando o uso de itens em duas STs, a bandeja de plástico flexível (com 14% de uso médio de instrumentos em uma amostra de 10 casos) e a bandeja para laparotomia (uso médio de 29% do instrumento em 10 casos). A embalagem individual dos instrumentos gerou uma economia significativa de custos quando a probabilidade de uso era menor que 42%. Kroes (2009) estimou a economia anual de custos de redução do volume excessivo de instrumentos em STs em um hospital na Holanda entre US$68.000 e US$156.461. As estimativas foram baseadas em entrevistas realizadas com vários membros da equipe de OR e do departamento de esterilização.

3. Método

O método *lean* de assistência médica proposto para racionalizar as STs, reduzindo os custos de processamento de esterilização, é implementado em três fases principais: (i) priorizar, (ii) racionalizar e (iii) validar. Foi utilizado como guia metodológico os princípios da *Design Science Research* (DSR). O DSR visa solucionar problemas complexos considerando o contexto em que os resultados serão aplicados e buscando a geração de conhecimento prescritivo

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

[Burgoyne e James 2005]. O DSR concebe e valida produtos, processos e métodos, entre outros [Romme 2003]. De acordo com Peffers et al. (2018), o DSR é implementado seguindo seis etapas; a saber: identificar problema e motivo, definir objetivos, projetar uma solução, demonstrar, avaliar e comunicar.

3.1 Priorização

Na fase (i), é proposta a mineração de um banco de dados de cirurgias passadas para identificar procedimentos e suas frequências de ocorrência. Os procedimentos são agrupados de acordo com a especialidade e suas frequências de ocorrência são somadas para obter a estatística agregada da especialidade. As especialidades também são analisadas por especialistas quanto à complexidade dos instrumentos, uma vez que as especialidades de alta frequência não são necessariamente as que requerem a maior quantidade de materiais. Usando uma abordagem de moderação de grupos focais, pontuações de complexidade que variam de 1 (complexidade muito baixa) a 10 (complexidade muito alta) foram atribuídas a especialidades. Para isso, recomenda-se a criação de um grupo kaizen com instalações de esterilização e funcionários da sala cirúrgica (por exemplo, enfermeiras e montadoras de bandejas). O número de participantes deve variar de 4 a 8, conforme recomendado na coleta de dados de grupos focais [Greenbaum 2000]. Após, são combinadas as estatísticas de frequência e os escores de complexidade para obter um escore final para cada especialidade, com relação a importância. Em seguida, foi selecionada uma especialidade relevante (por exemplo, aquela com a maior pontuação final) para executar um estudo piloto. O objetivo, portanto, é agrupar procedimentos dentro de especialidades e adicionar suas frequências de ocorrência para obter a estatística agregada de especialidade, por exemplo, s_i', onde $i\ (=1,\dots,I)$ indica a especialidade e o número total de especialidades analisadas.

Os membros do Kaizen devem criar grupos de especialidades com complexidade semelhante, sendo que o a quantidade de clusters depende disso, porém, não deve ser maior que 3 (baixa, média e alta complexidade). Em seguida, uma pontuação média de complexidade é atribuída a especialidades em cada cluster criado. Na etapa final desta fase, os valores são normalizados s_i' e s_i'' de forma que $\sum_{i=1}^{I} s_i' = \sum_{i=1}^{I} s_i'' = 1$, e calculado a pontuação final s_i para cada especialidade da seguinte maneira:

$$s_i = s_i' \times s_i'', \text{ para } i = 1,\dots,I \qquad (1)$$

3.2 Racionalizar

Na fase (ii), são formados grupos kaizen com cirurgiões e equipe do conjunto operacional da especialidade piloto para coletar informações sobre instrumentos que nunca ou raramente são usados nos procedimentos. Os especialistas são abordados com base em um roteiro de perguntas e são tomadas decisões analisando itens (bandejas ou instrumentos individuais) exigidos em conjunto por grupos de procedimentos. Foi proposto o agrupamento de procedimentos que exigem itens semelhantes.

Existem dois objetivos principais nessa etapa: (i) revisão das STs pelos especialistas buscando a racionalização e (ii) conjunto de itens (STs ou instrumentos) usados em conjunto devem ser revisados em busca de novos agrupamentos. Por exemplo, para a especialidade i são identificados grupos de procedimentos cirúrgicos que requerem instrumentos semelhantes. Nessa etapa, foi utilizado o algoritmo *K nearest neighboors* (KNN) [Boe e Cheng 1991] para obter uma matriz binária indicando itens exigidos pelos procedimentos. Para a especialidade escolhida, foi criada uma matriz $\mathbf{A}_i$ com as bandejas cirúrgicas correspondentes listadas nas linhas e procedimentos cirúrgicos nas colunas. Sempre que a bandeja *t* for usada no procedimento *p*, o número 1 é a entrada da matriz a_{tp}. Ao executar a análise de cluster, é recomendado que se exclua da coluna $\mathbf{A}_i$ as bandejas básicas, caso elas existam. Essas bandejas devem ser analisadas individualmente.

A análise de cluster foi dividida em duas etapas. Na etapa 1, é executado um cluster hierárquico e analisado o dendrograma resultante para determinar um intervalo para o número de clusters *k* que permite a estratificação de procedimentos em grupos; ou seja, $k = [k_l, k_u]$, onde k_l e k_u são os limites inferior e superior do número de clusters a serem testados, respectivamente. Por exemplo, *k* = [2,5] indica que os procedimentos cirúrgicos serão agrupados em 2, 3, 4 e 5 grupos. Na etapa 2, é executado o KNN baseado na Distância de *Hamming* (HD) na matriz $\mathbf{A}_i$ e testado os diferentes valores de *k*. Por exemplo, para 5 bandejas ($t_m, m = 1, \ldots, 5$) e dois procedimentos p_A e p_B exigem que as bandejas *t1*, *t2*, *t3* e *t5* sejam executadas, portanto, seu vetor binário correspondente será [1,1,1,0,1]; se p_B exigem que as bandejas *t1*, *t2* e *t4*, o vetor será [1,1,0,1,0] e o valor de HD resultante $d_{A,B}$ será 3, já que t4 não é necessário no p_A e *t3* e *t5* não são necessários no p_B. Nesse sentido, valores pequenos de HD indicam procedimentos que requerem conjuntos semelhantes de STs ou instrumentos individuais e provavelmente serão atribuídos ao mesmo cluster.

Para definir o melhor valor para *k* (número de clusters), é proposto uma nova métrica de desempenho de cluster (D_k). Por exemplo, uma solução com 3 clusters e um procedimento *p* = A, que foi designado ao cluster 1. A distância HD é calculada entre A e o centroide c_1 do cluster 1 (d_{A,c_1}). Em seguida, a distância HD é calculada entre A e os centroides dos clusters 2 e 3 (d_{A,c_2}; d_{A,c_2}). Com isso, é possível calcular a proporção $d_{A,c_1} / (d_{A,c_2} + d_{A,c_3})$. Um valor baixo de proporção indica que p_A foi atribuído corretamente ao cluster 1. A métrica proposta (W_k) calcula a soma das proporções médias em todos os procedimentos analisados para uma solução com *k* clusters, por meio das equações 2 e 3.

$$D_m^k = \underset{all\ p}{Average} \left(\frac{d_{p,c_g}}{\sum_{\bar{g}=1}^{k-1} d_{p,c_{\bar{g}}}} \right), \text{ para, } m = 1, \ldots, k \text{ e} \quad (2)$$

$$W_k = \sum_{m=1}^{k} D_m \quad (3)$$

3.3 Validação

Na fase (iii), as melhorias propostas nas STs utilizadas nos procedimentos de cada especialidade são testadas nas ORs por um período determinado pelo grupo kaizen. Durante o período de validação (teste), STs revisada são fornecidas para as ORs junto com os instrumentos descartados, que são embalados e esterilizados individualmente. Terminado o período de teste, os instrumentos descartados que nunca foram usados nos procedimentos são eliminados ou redirecionados para outras bandejas. Os itens usados em um ou mais procedimentos durante o período de teste são reincorporados nas STs. Os arquivos eletrônicos que listam os itens necessários em cada procedimento são atualizados para refletir os resultados dos testes e os números financeiros são coletados para medir os benefícios do projeto de racionalização.

4. Resultados

A abordagem proposta é ilustrada em um estudo de caso realizado na planta de esterilização do Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), um hospital público de ensino superior de 842 leitos, localizado na cidade de Porto Alegre, Brasil. O hospital é considerado o melhor do país em sua categoria, oferecendo atendimento de média e alta complexidade por meio do Sistema Único de Saúde (SUS). A planta de esterilização processa 18.378 instrumentos/dia, e 77% da demanda vem do centro cirúrgico. Aproximadamente 30.000 instrumentos são mantidos pela planta; 19.476 itens são distribuídos em 1.071 STs e 1.350 itens são embalados individualmente. Os itens são fornecidos para 16 especialidades cirúrgicas que operam em 38 ORs.

Na fase (i), foram extraídas informações acerca dos procedimentos realizados nas ORs no ano de 2016, estratificados por especialidade, no banco de dados do hospital. O HCPA utiliza a codificação de procedimentos padrão adotada pelo SUS. Foi utilizada a mesma codificação para identificar procedimentos e atribuí-los a especialidades. As três primeiras colunas da Tabela 1 mostram os resultados principais da pesquisa. Em seguida, um grupo de 8 especialistas foram convidados a avaliar a complexidade das STs pertencentes a cada especialidade. Esse grupo, foi composto por trabalhadores de montagem e supervisores da planta de esterilização. As especialidades foram escritas em cartões individuais, que foram agrupados em três grupos por participantes do grupo, de acordo com a complexidade da montagem e dos instrumentos. Os participantes do grupo precisaram de aproximadamente uma hora para executar a tarefa em uma reunião única, levando aos resultados exibidos nas colunas 4 a 6 da Tabela 1. O número de grupos foi determinado empiricamente pelos participantes do grupo; para as avaliações de complexidade, foi utilizada uma escala de 1 a 10, tanto para agrupamentos (resultados entre parênteses) quanto para especialidades. A pontuação final da especialidade foi obtida multiplicando os valores s_i' e s_i''; as especialidades foram classificadas em conformidade, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Especialidades cirúrgicas e cálculos de classificação de prioridade

Especialidade	Número de cirurgias	s_i'	Cluster	Escore de complexidade da especialidade	s_i''	Escore final s_i	Rank
Oftalmologia	2,812	0.1810	1(10)	8	0.0702	0.0127	1
Urologia	2,272	0.1462	1 (10)	8	0.0702	0.0103	2
Sistema digestivo	1,719	0.1106	1 (10)	10	0.0877	0.0097	3
Geral	1,699	0.1093	3 (5)	5	0.0439	0.0048	4
Ortopedia	1,198	0.0771	2 (8)	6	0.0526	0.0041	5
Otorrino	972	0.0626	1 (10)	7	0.0614	0.0038	6
Vascular	651	0.0419	1 (10)	10	0.0877	0.0037	7
Neurocirurgia	619	0.0398	1 (10)	10	0.0877	0.0035	8
Ginecologia	1,078	0.0694	3 (5)	5	0.0439	0.0030	9
Toráxico	533	0.0343	2 (8)	8	0.0702	0.0024	10
Pediatria	562	0.0362	3 (5)	5	0.0439	0.0016	11
Proctologia	453	0.0292	2 (8)	6	0.0526	0.0015	12
Mastologia	522	0.0336	3 (5)	4	0.0351	0.0012	13
Plástica	254	0.0163	3 (5)	5	0.0439	0.0007	14
Cardíaca	139	0.0089	1 (10)	9	0.0789	0.0007	15
Oral e Maxilo	55	0.0035	2 (8)	8	0.0702	0.0002	16
Total	15,538						

Líderes de 12 das 16 especialidades concordaram em se inscrever no projeto de racionalização. Cada um pode se manifestar sobre sua vontade de orientar os grupos kaizen. As especialidades foram revisadas seguindo a classificação de prioridade na Tabela 1. Todas as reuniões foram moderadas por um supervisor da planta de esterilização, conhecedor da técnica do grupo focal. As equipes cirúrgicas especializadas eram compostas por líderes de cirurgiões, residentes de cirurgia, técnicos de sala de cirurgia e enfermeiros. As informações sobre a coleta de dados de cada especialidade são fornecidas na Tabela 2. As reuniões não duraram mais de 2 horas e ocorreram na planta de esterilização. Para ilustrar o uso do agrupamento para agilizar a análise de bandejas pelos participantes do painel, apresentamos os resultados da especialidade mais alta classificada na Tabela 1 (Oftalmologia).

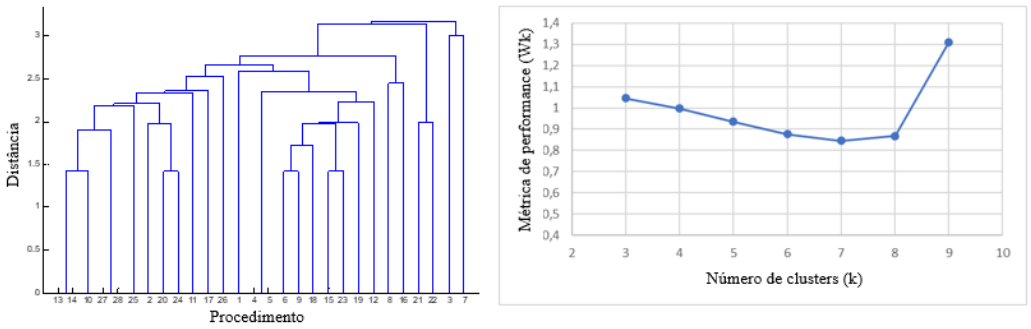
Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

Tabela 2 – Informações sobre grupos focais e itens analisados por equipes especializadas

Especialidade	Participantes	Encontros	STs analisadas	Instrumentos individuais analisados
Oftalmologia	6	6	56	740
Urologia	4	3	34	259
Ortopedia	4	2	89	845
Otorrino	7	5	31	948
Vascular	4	2	28	524
Neurocirurgia	4	3	58	433
Toráxica	4	5	21	526
Pediatria	4	2	21	459
Proctologia	5	2	12	67
Plástica	4	1	25	491
Cardíaca	3	2	32	799
Oral e maxilo	4	3	10	286

A matriz binária foi fornecida pelos gerentes da planta. Existem 28 procedimentos na especialidade de Oftalmologia, que requerem 49 bandejas, caixas de instrumentos e itens individuais. Procedimentos foram confrontados com as STs para evidenciar potenciais agrupamentos, formando a matriz binária. A primeira etapa da análise de agrupamento proposta na seção 2.2 usa um algoritmo hierárquico para determinar um intervalo para o número de clusters a serem testados no passo 2. O dendograma e a métrica de performance são representadas na Figura 1. O dendograma sugere um intervalo para k no intervalo [3,9]. W_k apresenta o comportamento da métrica para soluções com 3 a 9 clusters. A dissimilaridade entre procedimentos agrupados diminui à medida que o número de clusters aumenta até que um ponto de inflexão seja atingido (k = 7). Isso leva a uma solução com procedimentos agrupados em 7 clusters.

Figura 1 – Dendrograma do agrupamento hierárquico de procedimentos oftalmológicos e valores W_k



A Tabela 3 apresenta a atribuição final dos procedimentos da matriz binária aos clusters. A maioria dos procedimentos (71%) foi atribuída aos clusters 3 e 4. Por exemplo, os recursos necessários para a realização de Blefaroplastia e Tarsorrrafia são idênticos. Quanto aos procedimentos atribuídos ao Cluster 2, existem algumas diferenças nas bandejas/ instrumentos necessários: bandeja de receptores de transplante de córnea, bandeja de bloco peribulbar, caixa de cânula, lápis bipolar de cautela e caixa de trepan são exigidos pelos três procedimentos, mas bandeja de facectomia, a caneta de proteção da bateria, a bandeja de acesso ao transplante e a placa de teflon são necessárias por não mais que dois procedimentos. A análise de clusters com procedimentos únicos levou à proposição de bandejas dedicadas, principalmente para aquelas com alto volume. É o caso do cluster 7, que compreende o procedimento de enucleação. A

bandeja de enucleação original foi expandida para incluir todos os 5 instrumentos individuais necessários no procedimento. A bandeja de facoemulsificação (cluster 3) também foi expandida para incluir três instrumentos individuais.

Tabela 3 – Atribuição de procedimentos cirúrgicos a clusters

Cluster	Procedimento Cirúrgico
1	Blefaroplastia; Tarsorragia
2	Transplante conjuntival; Transplante limbal; Transplante de córnea
3	Facoemulsificação; Fotocoagulação; Sutura da córnea;Ptose palpebral; Excisão de pterígio; Estrabismo; Entrópio; Ectrópio; Chalasis; Subconj. Infiltração; Intrav. Injeção; Análise lacrimal e Dacriocistorrinostomia
4	Retinopexia; Construção de parede orbital; Conjuntivocálase; Facectomia; Excisão de tumor conjuntival; Lavagem da câmara; Culectomia
5	Vitrectomia posterior
6	Transplante de córnea lamelar
7	Enucleação

No entanto, analisando as duas últimas colunas para essas especialidades, observa-se que vários instrumentos foram removidos ou realocados para outras bandejas. A racionalização da especialidade oftalmológica levou a um aumento no número de STs, o que é uma consequência direta da estratégia proposta de analisar procedimentos em clusters: foram criadas 9 STs dedicadas, com a realocação de 62 instrumentos originalmente atribuídos a outras bandejas ou fornecidos individualmente. Em geral, houve uma redução de 9,75% no número de instrumentos utilizados nessa especialidade.

Um resumo dos resultados obtidos da racionalização dos instrumentos, é apresentado na Tabela 4. Esses são resultados finais, consolidados após 6 meses de validação nas ORs. Durante esse período, as ORs foram fornecidas com as bandejas revisadas e os instrumentos descartados, embalados individualmente. As reduções no número de bandejas foram validadas para todas as especialidades, levando a uma redução média de 7,54%. Duas especialidades, Vascular e Oral e maxilo, revisaram as bandejas para incluir instrumentos; assim, além da variação de 0% no número de bandejas, o número de instrumentos nessas especialidades também aumentou 12,76% e 8,17%, respectivamente.

As avaliações foram baseadas em opiniões de especialistas familiarizados com os princípios de saúde enxuta. Para executar melhor a avaliação, os procedimentos foram agrupados de acordo com o uso da bandeja e dos instrumentos individuais e apresentados aos participantes do kaizen. A racionalização dentro de grupos de procedimentos agrupados com base nas semelhanças dos instrumentos promove a otimização em dois níveis. Primeiro, no nível "entre bandejas", no qual a redundância e obsolescência dos instrumentos são avaliadas por especialistas considerando uma determinada ST. Segundo, no nível "intra-bandeja", movendo instrumentos redundantes ou não utilizados entre bandejas em um determinado cluster. Embora a maioria dos métodos especializados na literatura promova a racionalização no nível entre bandejas, a etapa de agrupamento proposta nesta pesquisa permite a otimização dentro da bandeja. Essa é a principal diferença entre a essa abordagem e outras disponíveis na literatura.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

Tabela 4 – Resultados da racionalização

Especialidade	STs (antes)	STs (depois)	%	Instrumentos (antes)	Instrumentos (depois)	%	Instr. [1]	Instr. [2]
Oftalmologia	56	65	+16.07	814	740	-9.10	18	62
Urologia	34	31	-8.82	689	625	-9.29	1	75
Ortopedia	89	68	-23.60	1969	1666	-15.39	263	62
Otorrino	31	26	-16.13	1315	1171	-10.95	18	198
Vascular	28	28	0.00	901	1016	+12.76	1	10
Neurocirurgia	58	44	-24.14	812	648	-20.20	2	141
Toráxica	21	18	-14.29	769	583	-24.19	25	136
Pediatria	21	19	-9.52%	807	752	-6.82	0	11
Proctologia	12	11	-8.33	138	113	-18.12	18	0
Plástica	25	23	-8.00	1042	849	-18.52	129	67
Cardíaca	32	31	-3.13	862	816	-5.34	20	48
Oral e maxilo	10	10	0.00	257	278	+8.17	21	93
Média			-7.54			-9.75		
Total	417	374		10,375	9,257		516	903

Instr. [1] – instrumentos obsoletos

Instr. [2] – instrumentos realocados para outras bandejas

As estimativas do HCPA dos custos de processamento por instrumento na planta de esterilização estão alinhadas com as da literatura revisada na seção 2; a saber: custos trabalhistas de US$0,13/instr. e custos não trabalhistas de US$0,39/instr. A água é consumida na lavagem de instrumentos (manualmente ou usando máquinas) e nas autoclaves, que devem ser dessalinizadas. As autoclaves consomem 33 litros/hora de água dessalinizada. Um ciclo típico de autoclave dura 55 minutos e são necessários 45 ciclos diariamente na planta de esterilização. A redução no tempo necessário para montar STs representa uma economia anual de US$22.561,00 em custos de mão-de-obra. A redução média no número de instrumentos necessários para a realização de cirurgias nas 12 especialidades analisadas é de 9,75%, representando uma economia anual total de US$261.871,00 em custos de esterilização.

5. Conclusão

Neste artigo, foi proposta abordagem enxuta orientada à assistência médica para realizar a racionalização de ST usando a opinião de especialistas por meio de grupos focais, promovendo a redução de custos nos sistemas de produção e esterilização. Existem três etapas críticas do método proposto que foram seguidas: (i) priorizar, (ii) racionalizar e (iii) validar. A etapa de agrupamento é a característica mais distinta do método: agrupando os procedimentos, a análise da redundância e complementaridade dos instrumentos tende a ser acelerada. Testamos as proposições em um caso real. Grupos de especialistas Kaizen analisaram STs de 12 especialidades em busca de redução de bandeja e instrumento. Após um período de validação de seis meses, obtivemos uma redução média de 7,54% no número total de bandejas e uma redução de 9,75% no número total de instrumentos. Os impactos da racionalização na operação de esterilização também foram avaliados e discutidos. Estima-se uma economia anual total de US$284.432,00, além de um aumento de capacidade de 10,1% na operação de montagem, considerado gargalo no sistema de produção de esterilização.

Referências

Ahamadi, E., Masel, D. T., Metcalf, A. Y. e Schuller, K. (2019). Inventory management of surgical supplies and sterile instruments in hospitals: a literature review. **Health Systems**, 8(2), 134-151.

Bachmann, G. A., Trattler, B., Ko, T., e Tweddel, G. (1998). Operational improvement of gynecologic laparoscopic operating room services: an internal review. **Obstetrics and gynecology**, 92(1), 142-144.

Boe, W. e C.H. Cheng. (1991). A close neighbour algorithm for designing cellular manufacturing systems. **International Journal of Production Research**, 29(10): 2097-2116.

Burgoyne, J. e K.T. James. (2006). Towards Best or Better Practice in Corporate Leadership Development: Operational Issues in Mode 2 and Design Science research. **British Journal of Management**, 17: 303-316.

Bush, R.W. (2007). Reducing waste in US Health Care Systems. **Journal of the American Medical Association**, 297 (8): 871-874.

Byrnes, J.N., J. Schmitt, C. Tommaso, e J.A. Occhino. (2017). Cost reduction techniques in the operating suite: surgical tray optimization. **American Journal of Obstetrics & Gynecology**, 216 (3): S616.

Campion, N., C.L. Thiel, N.C. Woods, L. Swanzy, A.E. Landis, e M.M. Bilec. (2015). Sustainable healthcare and environmental life-cycle impacts of disposable supplies: a focus on disposable custom packs. **Journal of Cleaner Production**, 94: 46-55.

Cardoen, B., J. Belien, e M. Vanhoucke. (2015). On the design of custom packs: grouping of medical disposable items for surgeries. **International Journal of Production Research**, 53(24): 7343-7359.

Chin, C.J., L.J. Sowerby, A. John-Baptiste, e B.W. Rotenberg. (2014). Reducing otolaryngology surgical inefficiency via assessment of tray redundancy. **Journal of Otolaryngology – Head and Neck Surgery**, 43: 46-49.

Cichos, K. H., Linsky, P. L., Wei, B., Minnich, D. J., e Cerfolio, R. J. (2017). Cost savings of standardization of thoracic surgical instruments: the process of lean. **The Annals of thoracic surgery**, 104(6), 1889-1895.

Costa, L.B. e M. Godinho Filho. (2016). Lean healthcare: review, classification and analysis of literature. **Production Planning & Control**, 27(10): 823-836.

Crosby, L., Lortie, E., Rotenberg, B., e Sowerby, L. (2020). Surgical Instrument Optimization to Reduce Instrument Processing and Operating Room Setup Time. **Otolaryngology–Head and Neck Surgery**, 162(2), 215-219.

Dobson, G., A. Seidmann, V. Tilson, e A. Froix. (2015). Configuring surgical instrument trays to reduce costs. **IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering**, 5(4): 225-237.

Dos Santos Schneider, D. S., de Magalhães, A. M. M., Glanzner, C. H., da Rocha Thomé, E. G., de Oliveira, J. L. C., e Anzanello, M. J. (2020). Gerenciamento de instrumentais oftalmológicos e otimização de processos: estudo de método misto. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, 41.

Dyas, A. R., Lovell, K. M., Balentine, C. J., Wang, T. N., Porterfield Jr, J. R., Chen, H., e Lindeman, B. M. (2018). Reducing cost and improving operating room efficiency: examination of surgical instrument processing. **Journal of Surgical Research**, 229, 15-19.

Farrelly, J.S., C. Clemons, S. Witkins, W. Hall, E.R. Christison-Lagay, D.E. Ozgediz, R.A. Cowles, D.H. Stitelman, e M.G. Caty. (2017). Surgical tray optimization as a simple means to decrease perioperative costs. **Journal of Surgical Research**, 220: 320-326.

Farrokhi, F.R., M. Gunther, B. Williams, e C.C. Blackmore. (2015). Application of lean methodology for improved quality and efficiency in operating room instrument availability. **Journal for Healthcare Quality**, 37(5): 277-286.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings

Florijn, E.P. (2008). Optimisation of the distribution of surgical instruments over trays: cost effectiveness and quality improvement of an operating theatre. Master thesis in Industrial Engineering and Management, University of Twente, Enschede, The Netherlands.
Greenbaum, Thomas. (2000). Moderating Focus Groups: A Practical Guide for Group Facilitation. Thousand Oaks (USA): Sage Publishers.
Greenberg, J.A., B. Wylie, e J.N. Robinson. (2012). A pilot study to assess the adequacy of the Brigham 20 Kit for cesarean delivery. **International Journal of Gynecology and Obstetrics**, 117: 157-159.
Kroes, L. (2009). Creating more efficiency and patient safety by changing processes and contents of instruments trays. Master thesis in Health Science, University of Twente, Enschede, The Netherlands.
Mansur, J.M. (2017). Reuse of single-use devices: understanding risks and strategies for decision-making for health care organizations. White paper by Joint Commission International, 11 p.
Mhlaba, J.M., E.W. Stockert, M. Coronel, e A.J. Langerman. (2015). Surgical instrumentation: the true cost of instrument trays and a potential strategy for optimization. **Journal of Hospital Administration**, 4(6): 82-88.
Peffers, K., T. Tuunanen, M.A. e Rothenberger, S. Chatterjee. (2008). A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. **Journal of Management Information Systems**, 24(3): 45-77.
Reymondon, F., B. Pellet, e E. Marcon. (2008). Optimization of hospital sterilization costs proposing new grouping choices of medical devices into packages. **International Journal of Production Economics**, 112: 326-335.
Romme, A.G.L. (2003). Making a difference: Organization as Design. **Organization Science**, 14(5): 558-573.
Squires, D. e C. Anderson. (2015). U.S. health care from a global perspective: spending, use of services, prices, and health in 13 countries. Issue Brief (Common W Fund) 15: 1-15.
Van Meter, M.M., e R.A. Adam. (2016). Costs associated with instrument sterilization in gynecologic surgery. **American Journal of Obstetrics & Gynecology**, 215: 652.e1-5.
Weiss, A., Hollandsworth, H. M., Alseidi, A., Scovel, L., French, C., Derrick, E. L., e Klaristenfeld, D. (2016). Environmentalism in surgical practice. **Current Problems in Surgery**, 53(4), 165–205.
Wood, D. (2014). A prescription for Lean healthcare. **Healthcare quarterly (Toronto, Ont.)**, 17(2), 24-28.

Galoá { Este trabalho foi publicado utilizando o **Galoá** proceedings