



ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



02 a 04
de dezembro 2020

Projeto de um sistema puxado para a central de material e esterilização de um hospital de médio porte

Marlon Soliman

Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas - UFSM

Caroline Brum Rosso

Departamento de Engenharia de Produção e Transportes - UFRGS

Priscila Wachs

Professora Visitante – IFRS campus Canoas

Tarcisio Abreu Saurin

Departamento de Engenharia de Produção e Transportes - UFRGS

André Seidel

Departamento de Engenharia de Produção e Transportes - UFRGS

Resumo: A busca por eficiência e eficácia em processos tem levado unidades hospitalares a adotarem cada vez mais os princípios e práticas da gestão *lean*, visto que esta abordagem, originária na indústria, também é capaz de reduzir desperdícios e promover o valor em serviços de saúde. Neste sentido, as centrais de material e esterilização (CMEs) de hospitais podem se beneficiar dessa abordagem, visto que possuem fluxos materiais e de informações que precisam ser coordenados e puxados pelos processos clientes. Assim, este estudo originou-se com base no seguinte questionamento: como projetar um fluxo puxado em um CME, de modo a eliminar desperdícios e racionalizar a utilização de recursos? Para tanto, um estudo de caso em um hospital de médio porte localizado na região sul do Brasil foi realizado. Os resultados revelam como princípios e práticas *lean* relacionados à produção puxada podem ser utilizados em CMEs, e apresentam modelos de *kanbans* e quadros de sequenciamento. Espera-se que as propostas apresentadas nesta pesquisa possam ser utilizadas como inspiração por pesquisadores e praticantes que buscam a implementação do *lean* no contexto hospitalar.

Palavras-chave: *Lean*, Sistema puxado, Hospitais, central de material e esterilização (CME), *healthcare*.

Design of a pull system to the central sterile supply department of a medium-sized hospital

Abstract: The pursuit of efficiency and effectiveness in processes led hospital units to increasingly adopt the principles and practices of lean management, since this approach, originated in industry, is also capable of reducing waste and promoting value in health services. In this sense, hospitals' central sterile supply department (CSSDs) can benefit from this approach, as they have material and information flows that need to be coordinated and pulled by client processes. Thus, this study originated from the following question: how to design a pull flow in a CSSD, in order to eliminate waste and rationalize the use of resources? To this end, a case study in a medium-sized hospital

located in the south of Brazil was carried. The results reveal how lean principles and practices relative to pull production can be used in CSSDs, and present templates of *kanbans* and sequencing boards. It is hoped that the proposals in this research can be used as inspiration by researchers and practitioners who seek the implementation of lean in the hospital context.

Keywords: Lean, Pull system, Hospitals, central sterile supply department (CSSD), healthcare.

1. Introdução

Em serviços de saúde, o cuidado quanto a biossegurança dos materiais utilizados é uma preocupação recorrente, visto que falhas no processo de esterilização de materiais podem gerar graves consequências a saúde. Para tanto, hospitais possuem em sua estrutura as centrais de material e esterilização (CME) que são unidades funcionais destinadas ao processamento de produtos para saúde (ANVISA, 2012). Nos CMEs, os produtos para saúde tais como instrumental cirúrgico, equipamentos para diagnóstico, acessórios para leitos de enfermaria e equipamentos de proteção individual reutilizáveis são higienizados, esterilizados, conferidos, armazenados e distribuídos para as áreas de assistência (FOGLIATTO *et al.*, 2018).

Nesse sentido, observa-se que os CMEs possuem fluxos de materiais e informações que precisam ser bem gerenciados para o funcionamento adequado da unidade hospitalar. Além dos exigidos controles de qualidade quanto a biossegurança do material processado neste ambiente, é relevante observar que falhas na gestão de operações de um CME pode gerar consequências tais como atrasos e/ou cancelamentos de cirurgias por indisponibilidade de instrumental, desperdícios de movimentação para a separação de itens, redução da capacidade de atendimento do serviço de saúde, além de perdas econômicas e financeiras com a aquisição de materiais extras para cobrir longos tempos de processamento (HUYNH *et al.*, 2019).

Assim, CMEs podem se beneficiar da utilização de práticas oriundas da gestão industrial para a melhoria dos seus sistemas produtivos. Embora os CMEs estejam inseridos no contexto de serviços de saúde, a natureza de sua operação envolve elementos tipicamente fabris, tais como materiais a serem processados, operações manuais, operações automatizadas, estoque e armazenamento, formação de lotes e estimativas de capacidade de atendimento (HOEFEL *et al.*, 2019). Para tanto, a abordagem *lean* ou, mais especificamente, *lean healthcare* tem sido amplamente discutida como uma forma de trazer para os serviços de saúde a eficácia e eficiência notadamente observadas pela abordagem *lean* nas indústrias manufatureiras e em vários outros segmentos econômicos (TLAPA *et al.*, 2020). O *lean* é uma filosofia de gestão de operações que teve sua origem na indústria automobilística, a partir dos estudos conduzidos sobre o Sistema Toyota de Produção (WOMACK *et al.*, 1991). Em seu cerne, o *lean* baseia-se em princípios tais como a agregação de valor por meio da eliminação sistemática de desperdícios, fluxos puxados pela necessidade dos clientes, qualidade na fonte, respeito pelas pessoas e melhoria contínua, fazendo uso de uma série de ferramentas para tanto (LIKER, 2004).

Assim, este estudo originou-se com base no seguinte questionamento: como projetar um fluxo puxado em um CME, de modo a eliminar desperdícios e racionalizar a utilização de recursos? Para responder a esse questionamento, o fluxo de materiais e informações de um CME instalado em um hospital privado de médio porte localizado na região sul do Brasil foi analisado, o qual vinha enfrentando dificuldades no cumprimento da agenda cirúrgica devido a recorrente indisponibilidade de instrumental esterilizado no momento em que as cirurgias estavam programadas. Os pesquisadores foram convidados pelo corpo diretivo deste hospital para realizar o estudo aqui apresentado, uma vez que os gastos com aquisição de materiais adicionais estavam crescentes ao longo dos anos, e inclusive

cogitava-se a compra de novos maquinários para o aumento da capacidade de processamento.

2. Referencial teórico

2.1 *Lean healthcare*

Estudos conduzidos pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) no âmbito do *International Motor Vehicle Program* (IMVP) na década de 1980 apresentaram ao mundo o Sistema Toyota de Produção (STP), um sistema produtivo capaz de eliminar desperdícios e manufacturar veículos com elevada eficiência e flexibilidade (WOMACK *et al.*, 1991). A inspiração e os aprendizados do STP cunharam o termo *lean* (enxuto), que reflete o espírito dessa filosofia de eliminar o desperdício por meio do estabelecimento de cinco princípios, quais sejam: (i) identificar o valor; (ii) mapear o fluxo de valor; (iii) criar fluxo contínuo; (iv) produção puxada; e (v) melhoria contínua (WOMACK; JONES, 2003). Empresas de diferentes portes e segmentos vem buscando remodelar sua gestão e operações segundo estes princípios e um conjunto de práticas associadas ao *lean*, com resultados que demonstram o potencial desta abordagem para a redução do tempo de atravessamento (*lead time*) e melhorias na qualidade (YADAV *et al.*, 2019).

Mais recentemente, os potenciais benefícios da abordagem *lean* também vem despertando interesse dos serviços de saúde (*lean healthcare*), especialmente hospitais, que enfrentam diariamente problemas relacionados a qualidade, segurança do paciente, custo, tempo de espera e satisfação dos colaboradores (COSTA *et al.*, 2016). Por exemplo, (COSTA *et al.*, 2017) analisaram o caso de um CME instalado em um hospital no Brasil que enfrentava diversos problemas operacionais e de fluxo, tais como cargas de trabalho desbalanceadas, falta de capacidade nas autoclaves, problemas de comunicação e coordenação devido à dificuldade em visualizar o agendamento diário de cirurgias, entre vários outros. Após intervenções apoiadas por várias ferramentas *lean*, tais como mapa de fluxo de valor, quadro *kanban*, gestão visual e redução do tamanho de lote, este CME obteve ganhos de capacidade da ordem de 64%, além de reduzir o número de cirurgias atrasadas devido à falta de material em 94% (COSTA *et al.*, 2017).

Assim, os princípios *lean* estabelecidos por (WOMACK; JONES, 2003) podem ser considerados plenamente aplicáveis ao contexto de serviços de saúde (HALLAM; CONTRERAS, 2018). O princípio do valor, por exemplo, se aplica com a identificação dos desejos e necessidades dos pacientes (GONZALEZ, 2019). O fluxo de valor deve considerar as atividades necessárias para promover o valor esperado pelos clientes (pacientes), e deve ser gerenciado de modo que o valor flua de modo contínuo, sem interrupções ao longo de todas as etapas do sistema produtivo (HALLAM; CONTRERAS, 2018). A produção puxada reflete a necessidade de se vincular as necessidades dos processos à montante do fluxo de valor com os processos à jusante, e a melhoria contínua resulta na busca incessante pela promoção do melhor cuidado possível (HENRIQUE *et al.*, 2020).

2.2 Sistemas puxados

A produção puxada é o princípio *lean* que estabelece que as etapas de um fluxo de valor estejam vinculadas às reais necessidades dos clientes, de tal modo que cada operação fornecedora apenas produza aquilo que a operação cliente necessita (ROTHER; SHOOK, 1999). A produção puxada pode ser vista como um contraponto à produção empurrada, onde não há acordos entre as operações fornecedoras e clientes sobre o trabalho que deve ser feito, de tal modo que cada operação estabelece seu próprio ritmo e prioridades (LIKER; MEIER, 2005). Já na produção puxada, um fluxo de informação é definido entre os arranjos de processos fornecedores e clientes, de tal modo que as necessidades do processo cliente

sejam utilizadas na priorização e na programação do trabalho a ser feito nos processos fornecedores (MOREIRA, 2014).

A operacionalização dos processos puxados pode ser realizada por meio de *kanbans* e/ou linhas FIFO (*first in; first out*). Os *kanbans* são cartões que transportam uma informação que autoriza a movimentação ou a produção de uma quantidade pré-definida de material entre dois pontos, os quais podem ser estações de trabalho ou estoques controlados do tipo supermercado (MOREIRA, 2014). Já as linhas FIFO podem ser utilizadas em substituição aos *kanbans* para conectar processos, de modo que o sequenciamento de produção é dado pela ordem de chegada dos materiais ou ordens de produção. Os *kanbans* podem ser liberados à medida que chegam às estações de trabalho, ou podem ser sequenciados em lotes quando o fluxo unitário não for possível (ROTHER; SHOOK, 1999).

Entre as vantagens da utilização de sistemas puxados citam-se *lead times* reduzidos, fluxos suavizados, maior qualidade e custos reduzidos (HOPP; SPEARMAN, 2004). No entanto, sistemas puxados consistentemente implementados ao longo de todo o fluxo de valor ainda são raros, uma vez que a implantação desses sistemas puxados demanda estabilidade dos sistemas produtivos, além outros aspectos como planejamento do *layout*, dimensionamento do inventário, liderança e treinamento (GAYER *et al.*, 2020).

3. Metodologia

Este estudo trata-se de uma pesquisa-ação, visto que os pesquisadores atuaram diretamente na construção da solução do problema, em um esforço conjunto com os colaboradores da instituição hospitalar do caso analisado. Para tanto, a pesquisa foi realizada através de cinco etapas, quais sejam: (i) sensibilização da equipe e da alta gestão; (ii) identificação da família de produtos; (iii) mapeamento do estado atual; (iv) mapeamento do estado futuro; e (v) recomendações prática para a implantação. As etapas (ii) à (v) são baseadas nas etapas de melhoria do fluxo de valor apresentadas por (ROTHER; SHOOK, 1999).

A etapa (i) teve como objetivo assegurar o alinhamento das expectativas e o comprometimento da alta gestão em relação ao trabalho que seria desenvolvido junto à instituição hospitalar. Pesquisas anteriores demonstram que a ausência de comprometimento da alta gestão e a disponibilização de recursos figuram entre as principais causas de fracasso de melhorias *lean* (JADHAV *et al.*, 2014; LEITE *et al.*, 2020), e esta etapa teve como função mitigar a ocorrência desse efeito indesejado.

Para a etapa (ii), que tem por objetivo identificar as famílias de produtos e os respectivos fluxos de valor presentes no contexto estudado, analisou-se inicialmente os materiais que são processados pelo CME. Uma matriz produto x processo foi utilizada para apoiar a tomada de decisão quanto as famílias de produtos. Esta matriz foi construída a partir da observação realizada pelos pesquisadores em duas visitas guiadas ao CME (aprox. 8h de observações), bem como a partir dos relatos da equipe local.

Para a etapa (iii), a identificação do estado atual foi realizada a partir da construção de um mapa do fluxo de valor (MFV) da família de produtos priorizada na etapa anterior. Este mapeamento foi desenvolvido pelos pesquisadores com a colaboração de uma equipe multidisciplinar do hospital, formada por representantes tanto do CME quanto das áreas de agendamento e demais profissionais do bloco cirúrgico. A equipe percorreu todo o caminho do fluxo de valor, identificando cada uma das etapas do processamento.

Para a etapa (iv), uma versão inicial do mapeamento do fluxo de valor futuro foi construída pelos pesquisadores e posteriormente discutida e refinada através da interação entre os pesquisadores e a equipe multidisciplinar do hospital estudado. Para tanto, as recomendações para o projeto de sistemas puxados trazidas por (ROTHER; HARRIS, 2001) foram utilizadas, tais como o cálculo do tempo *takt*, utilização de supermercados e

kanbans. Para o cálculo do tempo *takt*, dados oriundos do sistema de informações do hospital foram utilizados para obtenção dos quantitativos de cirurgias realizadas por dia de acordo com a série histórica.

Por último, na etapa (v), quadros e modelos de *kanbans* foram projetados para facilitar a implementação do novo sistema puxado e auxiliar na implantação das melhorias propostas para a formação de lotes e sequenciamento das operações.

4. Resultados

4.1 Sensibilização da equipe e da alta gestão

As ações desenvolvidas neste estudo iniciaram-se a partir de duas reuniões de alinhamento entre os pesquisadores e os representantes da instituição hospitalar. Participaram deste encontro as chefias da enfermagem do hospital, chefia da enfermagem do bloco cirúrgico, diretor administrativo, e a gerente da qualidade. Nestas duas reuniões, definiu-se que seria necessário a sensibilização e a capacitação de todos os colaboradores envolvidos nas áreas afetadas, de modo que entendam os princípios *lean*, suas práticas e façam uso correto das ferramentas. Para tanto, ficou acordado que a equipe de pesquisadores promoveria cinco encontros com a equipe local para capacitá-los sobre o *lean* e orientar o desenvolvimento das atividades práticas. Os encontros teóricos tiveram duração aproximada de quatro horas cada, sendo realizados com um intervalo aproximado de 20 dias, onde abordou-se os princípios *lean* aplicados a saúde, mapeamento de fluxo de valor, *takt time*, fluxo contínuo, sistemas puxados, 5S, trabalho padronizado, gerenciamento da capacidade e OEE. Em média, vinte colaboradores assistiram aos módulos teóricos, incluindo as lideranças da instituição hospitalar e colaboradores de diversas áreas além do CME, tais como bloco cirúrgico, qualidade, administrativo, manutenção e atendimento.

4.2 Identificação da família de produtos

Após visitas dos pesquisadores conduzidas ao CME junto com a equipe local, observou-se que o mesmo é dividido em três áreas, quais sejam: área suja; área limpa; e área estéril. Barreiras físicas separam as áreas, e o fluxo de materiais é unidirecional da área suja até a área estéril. Na área suja, ocorrem as operações de recebimento dos materiais provenientes tanto do bloco cirúrgico quanto de outras áreas do hospital. Os materiais passam então pela etapa de pré-lavagem, cujo objetivo é a remoção de sujidades aderidas. Após, os materiais são direcionados para a lavagem manual e/ou limpeza automatizada (termodesinfectora). Materiais de suporte respiratório recém higienizados ainda permanecem nesta área por mais algumas horas pois necessitam de maior tempo de secagem antes de serem enviados à área limpa.

Na área limpa, o material higienizado é preparado para a esterilização. Materiais de uso cirúrgico, tais como instrumentais, material canulado e laparoscópico, bem como órteses, próteses e materiais especiais (OPME) são organizados em bandejas, que correspondem ao kit de materiais necessários para cada tipo de intervenção cirúrgica. Estes materiais também passam por uma inspeção de qualidade, para verificar a integridade e a existência de defeitos aparentes. Após, as bandejas são embaladas em tecido especial (SMS) para esterilização e/ou selados em embalagem própria no caso de instrumentos avulsos de pequeno volume. Por padrão, os materiais são esterilizados em autoclaves à vapor, com exceção dos termo sensíveis que passam por um processo de esterilização a baixa temperatura com peróxido de hidrogênio.

Por fim, os materiais são direcionados à área estéril, onde são armazenados até o momento de sua utilização. No caso de materiais cirúrgicos, carrinhos são abastecidos com o material necessário para cada procedimento e posteriormente encaminhados para as salas cirúrgicas.

A partir destes dados, uma matriz produto x processo foi construída para apoiar a identificação dos fluxos de valor. Os produtos esterilizados por este CME foram divididos em seis classificações: roupas; instrumentais; canulado + laparoscopia; suporte respiratório; OPME; e termo sensíveis, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Matriz produto x processo

Produtos X Processos	Recebimento OPME	Limpeza			Preparo			Esterilização		Armazenamento		
	Verificar qualidade OPME	Manual	Automatizada	Secagem Prolongada	Organizar bandeja	Verificar Qualidade	Empacotar com SMS	Selar	Vapor	Peróxido	Armazenar material	Organizar Carro da Cirurgia
Roupas												
Instrumentais												
Canulado + Laparoscopia												
Suporte Respiratório												
OPME												
Termo sensíveis												

Observou-se, a partir da Figura 1, que a classificação em seis tipos de materiais, na realidade, corresponde à cinco famílias de produtos, uma vez que os instrumentais e os materiais canulados + laparoscópicos passam pelos mesmos processos, e, portanto, podem ser incluídos na mesma família de produtos. Definiu-se que seria mapeado o fluxo de valor para essa família de produtos neste projeto piloto.

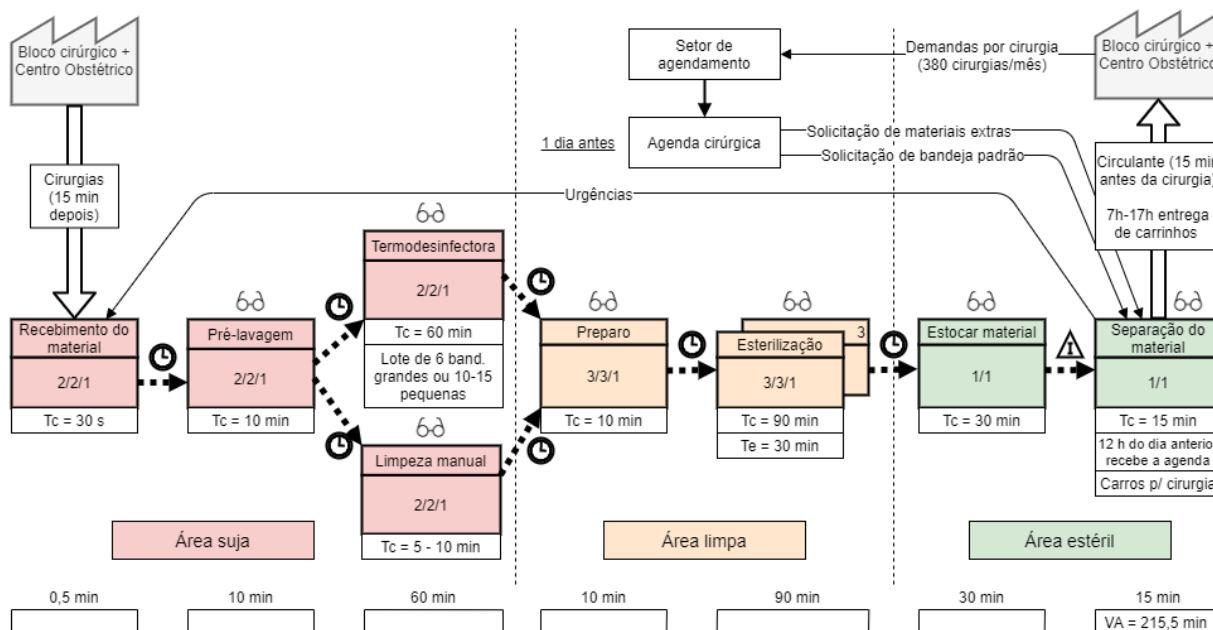
4.3 Mapeamento do estado atual

O mapeamento do estado atual foi realizado em conjunto entre os pesquisadores e a equipe local, conforme resultado apresentado na Figura 2. Para melhor representação, o mapa foi dividido em três segmentos, os quais representam a área suja, área limpa e área estéril do CME.

Do MFV, observa-se que os materiais são enviados do bloco cirúrgico e do centro obstétrico (CO) aproximadamente em até 15 min após o término dos procedimentos. O CME opera em três turnos, e na área suja conta com duas pessoas nos turnos da manhã e tarde, e com apenas uma pessoa no turno da noite. Os materiais são recebidos pelos colaboradores do CME que executam a pré-lavagem, limpeza manual e/ou automatizada. O fluxo de material é empurrado, e não há fluxo de informações entre o processo vinculado à demanda (separação de materiais) e as demais etapas, exceto no caso de urgências excepcionais.

Na área limpa, três colaboradores atuam durante os turnos da manhã e tarde, e apenas um durante a noite. Os materiais recebidos são empurrados para a preparação e posteriormente para a esterilização, que é a principal operação de agregação de valor. O CME possui três autoclaves à vapor para esterilização, onde o tempo de ciclo de esterilização é de aproximadamente 90 min. Após cada ciclo, é necessário esperar pelo menos 30 min antes da abertura da autoclave, devido as altas temperaturas.

Figura 2 – Mapa do fluxo de valor do estado atual



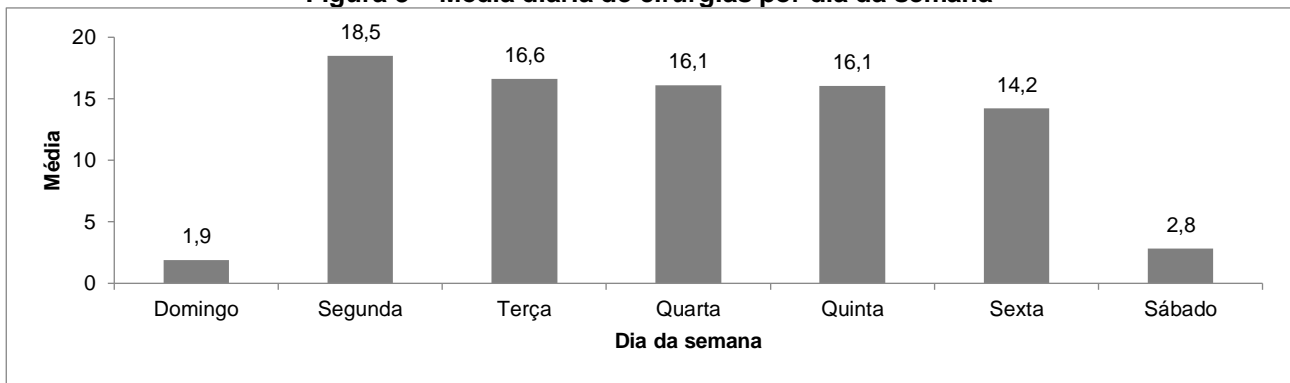
O material esterilizado é então empurrado para a área estéril, onde é armazenado e permanece assim até que seu uso seja demandado. Em geral, o uso do material pode ser previsto através da agenda cirúrgica, que é enviada ao setor até às 12h do dia anterior ao procedimento cirúrgico. Esta área dispõe de um colaborador no turno da manhã e um a tarde, não havendo equipe nesta área durante a noite. Caso haja necessidade extraordinária de material no período entre as 17h e às 7h, colaboradores do bloco cirúrgico estão autorizados a retirar materiais.

De modo geral, observa-se que há esperas entre todas as operações. Os tempos de espera, no entanto, não foram mensurados neste projeto piloto, pois entendeu-se que há elevada variabilidade deste tempo, sendo de difícil estimativa, e que a ausência desta informação não limitaria o desenvolvimento da proposta de sistema puxado. Como fato mais relevante deste MFV, destaca-se que o sequenciamento das operações é do tipo “vá ver”, não havendo qualquer política ou sistema de informações no fluxo para vincular a demanda com o trabalho a ser executado. Por exemplo, a etapa de esterilização é realizada em lotes (material proveniente de várias cirurgias são agrupados para montar uma carga a ser esterilizada). No entanto, a formação do lote é realizada de modo aleatório, pois o colaborador responsável não possui informações de qual material é mais urgente e qual pode esperar. Os colaboradores relataram que com frequência as autoclaves estão ocupadas com materiais não urgentes, enquanto materiais de uso imediato aguardam para serem esterilizados. Como consequência, atrasos e reprogramações na agenda cirúrgica são frequentes devido a indisponibilidade do material no momento em que é preciso.

4.4 Mapeamento do estado futuro

O mapeamento do estado futuro iniciou pela identificação da necessidade dos clientes deste fluxo de valor, quais sejam, o bloco cirúrgico e o centro obstétrico. Para tanto, uma consulta ao sistema eletrônico de informações do hospital, para o período de 01 de janeiro de 2017 à 13 de maio de 2018 (data da extração dos dados) revelou que nestes 497 dias foram realizados 5.910 procedimentos cirúrgicos. Ao se avaliar as médias de cirurgias pelos dias da semana, tem-se a seguinte distribuição, conforme mostrado na Figura 3.

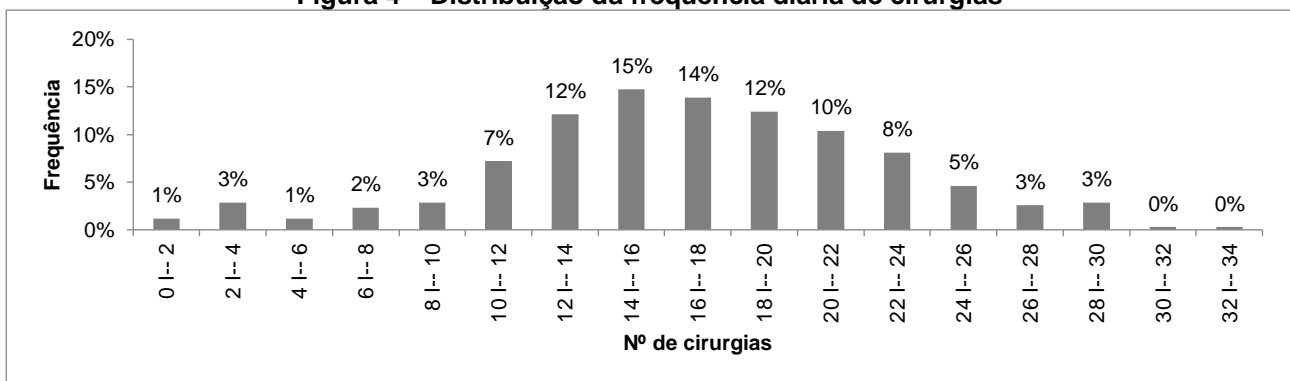
Figura 3 – Média diária de cirurgias por dia da semana



Da Figura 3, observa-se que na semana comercial (de segunda à sexta-feira) o número médio de cirurgias diárias apresenta relativa estabilidade, contrapondo-se a situação verificada nos finais de semana, em que somente são realizadas cirurgias de urgência. Assim, para fins de análise excluiu-se os dados de finais de semana, obtendo-se uma média de 16,31 cirurgias realizadas por dia, com desvio padrão de 5,98.

Em complemento à análise da média, realizou-se um histograma para avaliar a variabilidade do número diário de cirurgias realizadas, conforme mostrado na Figura 4.

Figura 4 – Distribuição da frequência diária de cirurgias



Como pode ser visto na Figura 4, a distribuição de frequência da quantidade de cirurgias realizadas por dia apresenta a forma de sino, uma vez que a probabilidade de ocorrências para cima da média (55%) assemelha-se a probabilidade de ocorrências para abaixo da média (45%). Dessa forma, assumiu-se a distribuição normal como uma aproximação para o perfil da demanda representado pela Figura 4.

A partir dessa definição, estabeleceu-se que o fluxo de valor do CME deveria ser projetado para uma capacidade de atendimento que representasse a, no mínimo, 90% da distribuição acumulada de probabilidade da demanda diária (nível de serviço). Assim, com base na aproximação da distribuição normal como um modelo da demanda do CME, a capacidade projetada foi dada pela Equação 1,

$$\text{Capacidade projetada} = \mu + Z_{90\%} \times \sigma \quad (1)$$

onde $\mu = 16,31$ (média diária de cirurgias); $\sigma = 5,98$ (desvio padrão), e $Z_{90\%} = 1,28$, visto que $Z_{90\%}$ corresponde ao número de desvios padrão para além da média que representa uma probabilidade acumulada de 90% na distribuição normal padronizada. Assim, o fluxo de valor puxado foi projetado para responder a uma demanda de 23,97 cirurgias/dia,

indicando que o CME deverá ser capaz de responder prontamente à solicitação de materiais para as cirurgias em 90% dos dias.

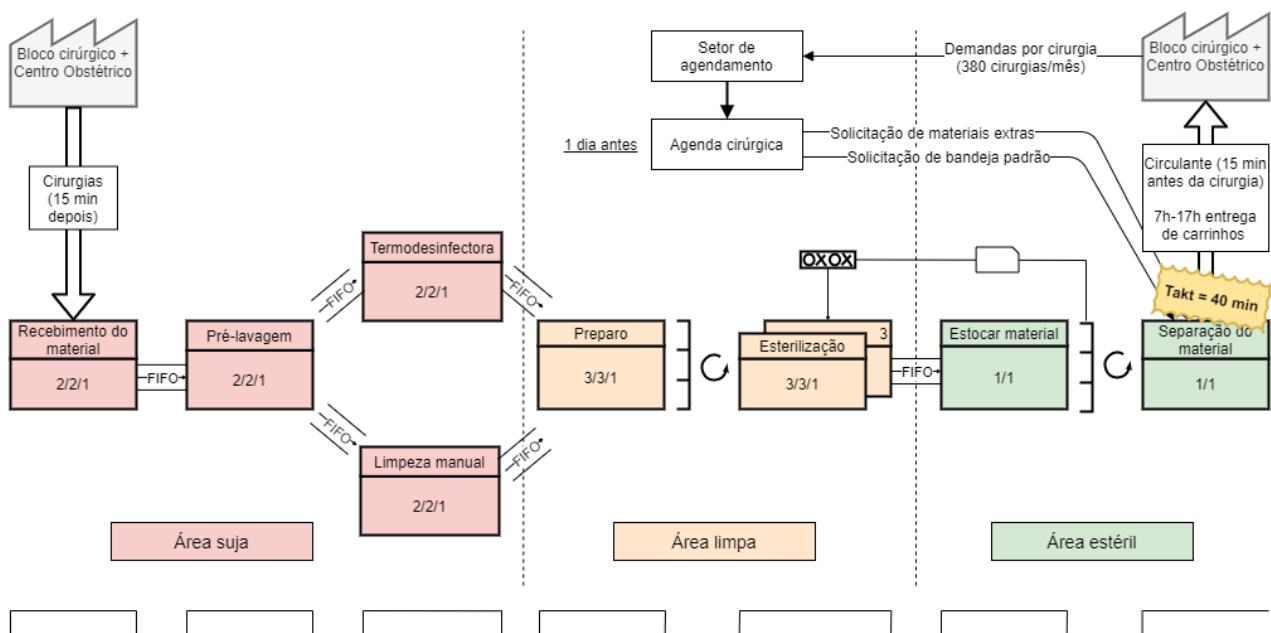
A definição desta capacidade projetada (23,97 cirurgias/dia) foi utilizada para o cálculo do *takt time* do fluxo de valor futuro. Considerando que o CME (com exceção da área estéril) opera em dois turnos (turno 1, das 07h às 16h; turno 2, das 16h às 22h), tem-se um total de 15h (900 min) disponíveis por dia. Assim, o *takt* foi calculado conforme a Equação 2:

$$takt = \frac{\text{Tempo disponível}}{\text{capacidade projetada}} \quad (2)$$

De tal forma que $takt = 37,54$ min é o tempo que a operação de separação de material terá disponível entre a preparação de um carrinho (que contém o material necessário para uma cirurgia) e outro. Para fins de facilitar a operacionalização do *takt*, arredondou-se para 40 min/carrinho, uma vez que esse número é mais facilmente gerenciado.

A definição do tempo *takt* no estabelecimento de um sistema puxado é relevante pois vincula o ritmo das operações ao ritmo da demanda para todo o fluxo de valor. Este conceito aparece representado no mapa do fluxo de valor futuro, onde a operação de esterilização passa agora a estar vinculada e nivelada à operação de separação de material, conforme mostrado na Figura 5.

Figura 5 – Mapa do fluxo de valor do estado futuro



No MFV futuro, o fluxo material é puxado pela etapa de separação de materiais, sendo este o único processo que precisará ser programado. Do recebimento até a esterilização, o fluxo seguirá a lógica de uma puxada sequenciada, através do sequenciamento FIFO (*first in; first out*), onde a priorização de fluxo é dada pela ordem de chegada do material. Isso se dá pelo fato de que o material sujo deve ser imediatamente limpo após o uso para evitar a formação de biofilme, além de proporcionar aos colaboradores uma lógica simples e intuitiva de sequenciamento da produção. O material higienizado é então preparado e estocado próximo a etapa de esterilização.

Para o segmento do fluxo a partir da esterilização, as bandejas contendo instrumental cirúrgico e canulados + laparoscópicos recebem um *kanban*. No momento em que o colaborador retira esse material do estoque para montar o carrinho, o colaborador faz uma

anotação no próprio *kanban* de quando aquele material será demandado novamente. Essa informação está disponível neste setor, visto que ali estão os materiais em estoque e a agenda cirúrgica, possibilitando então que o colaborador indique quando será o próximo uso do material recém separado. O *kanban* é então enviado para um quadro próximo a operação de esterilização. Na esterilização, os cartões que representam materiais a serem esterilizados são então priorizados de acordo com a data indicada de próximo uso. A partir dos cartões priorizados, os colaboradores agora podem agrupar estes *kanbans* em lotes nivelados, observando-se a urgência e a disponibilidade das autoclaves, garantindo-se com isso a formação de lotes com base na demanda esperada.

4.5 Recomendações prática para a implantação

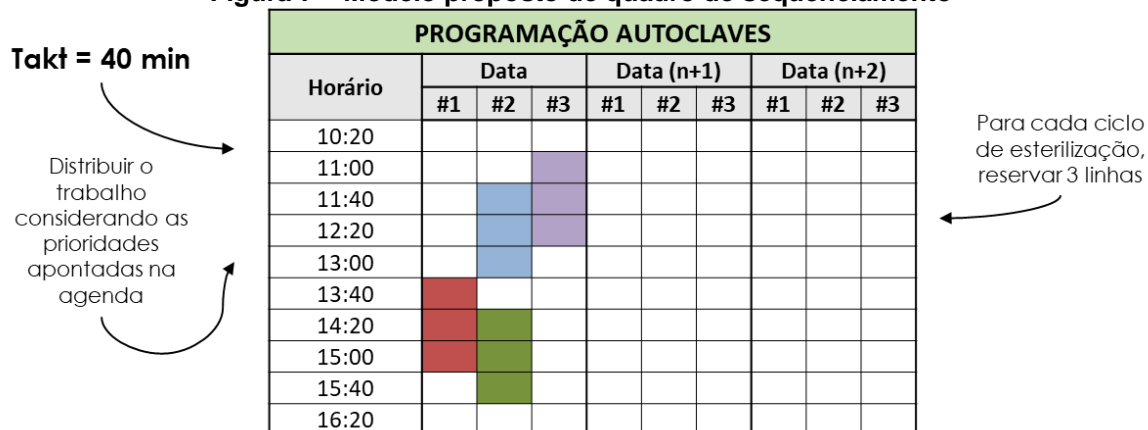
Para a efetiva implantação do sistema puxado, desenhado a partir do fluxo de valor futuro, será necessário que o sistema seja compreendido de maneira natural pelos colaboradores envolvidos. Para tanto, ferramentas visuais e recomendações de implantação foram desenvolvidos pelos pesquisadores. Como uma primeira recomendação prática, um modelo de *kanban* foi construído, conforme mostrado na Figura 6. O sequencial é um indicativo de quantas bandejas iguais existem no estoque. No exemplo da Figura 6, o responsável pela separação do material (processo puxador) saberá com essa informação que ainda há outras duas bandejas que atendem ao mesmo procedimento cirúrgico. Essa informação é complementar à agenda cirúrgica para que este colaborador decida quando esta bandeja será novamente necessária (próximo uso). O campo “tamanho de lote” assume que a carga de uma autoclave comporta até 16 bandejas pequenas ou 4 grandes (conforme informações da própria equipe do hospital). Assim, ao se tratar de uma bandeja grande, o *kanban* indica que esta ocupa 4/16 do espaço. Ao manipular os cartões, o responsável pela esterilização poderá agrupar os *kanbans* para a formação dos lotes respeitando que a soma do tamanho de lote não exceda 16/16, facilitando assim a composição das cargas das máquinas.

Figura 6 – Modelo proposto de *kanban*

COD XX - NOME DA BANDEJA				
Composição: Item A – X unid Item B – Y unid Item C – Z unid . . .	Especialidade	Sequência: 2/4	Tamanho lote: 4/16	
	Procedimentos: Procedimento A Procedimento B Procedimento C . . .	SEPARAÇÃO		Rub.
		Data: Horário: Finalidade:		
		PRÓXIMO USO		Rub.
		Data: Horário: Finalidade:		

Outra recomendação prática proposta é o quadro de programação das autoclaves, conforme mostrado na Figura 7. Este quadro é dimensionado em intervalos *takt* (40min), e de tal modo que os *kanbans* tenham dimensões de modo a preencher as linhas do quadro. Assim, considerando que um ciclo de esterilização na autoclave é de 90 min e que são necessários mais 30 min para que o material esfrie (total = 120 min), os *kanbans* que formam um lote são posicionados no quadro de modo que ocupem exatamente o espaço de três linhas, indicando assim a programação horária em que o lote será processado. O quadro é formado por três colunas, visto que são três autoclaves disponíveis, e pode ser ainda realizada a programação para os próximos dois dias para os materiais que não são prioritários.

Figura 7 – Modelo proposto de quadro de sequenciamento



4. Conclusão

Este estudo teve origem no seguinte questionamento: como projetar um fluxo puxado em um CME, de modo a eliminar desperdícios e racionalizar a utilização de recursos? Para responder a essa pergunta, um estudo de caso foi realizado no CME instalado em um hospital privado de médio porte. A análise do fluxo de valor do estado atual revelou que não havia no CME estudado um fluxo de informações que vinculasse as necessidades dos processos clientes às operações, de modo que cada operação atuava de maneira isolada e com base em decisões próprias quanto ao sequenciamento do fluxo.

Para o desenho do mapa de fluxo de valor do estado futuro, no entanto, projetou-se um sistema puxado onde as principais características são: (i) o fluxo deve seguir um FIFO durante a etapa de limpeza, para evitar a formação de biofilme e preservar os materiais; (ii) as necessidades do processo cliente são dadas pela agenda cirúrgica, além de informações sobre necessidades especiais de materiais; (iii) as necessidades do processo cliente devem ser enviadas para um único ponto de programação, que é o processo de separação de materiais (processo puxador); (iv) o processo puxador deve enviar informações sobre as prioridades para a etapa de esterilização, através de *kanbans*; (v) o processo de esterilização deve formar lotes de acordo com as prioridades e a capacidade das autoclaves; (vi) as cargas das autoclaves devem programadas de modo a liberar um lote a cada *takt*, e (vii) o *takt* pode ser dado através da análise histórica das quantidades de cirurgias realizadas diariamente, estabelecendo-se um nível de serviço como parâmetro para definição de um *takt*.

Assim, este estudo tem como principal contribuição demonstrar como princípios e práticas lean podem ser utilizadas no projeto de sistemas puxados em CMEs. Como principal limitação, tem-se que a implantação deste sistema puxado não pôde ser realizada. Assim, estudos adicionais sobre o projeto e implementação de sistemas puxados no contexto hospitalar ainda são necessários para validar os pressupostos que embasaram a construção da proposta de sistema puxado para um CME apresentados nesta pesquisa.

Referências

ANVISA. **RESOLUÇÃO - RDC Nº 15, DE 15 DE MARÇO DE 2012.**

COSTA, L. B. M. et al. Lean healthcare in developing countries: evidence from Brazilian hospitals. **International Journal of Health Planning and Management**, v. 32, n. 1, p. E99–E120, 2017.

COSTA, L. B. M.; GODINHO FILHO, M. Lean healthcare: review, classification and analysis of literature. **Production Planning and Control**, v. 27, n. 10, p. 823–836, 2016.

- FOGLIATTO, F. S. et al. A Six Sigma Approach to Analyze Time-to-Assembly Variance of Surgical Trays in a Sterile Services Department. **Journal for Healthcare Quality**, v. 40, n. 3, p. E46–E53, 2018.
- GAYER, B. D.; SAURIN, T. A.; WACHS, P. A method for assessing pull production systems: a study of manufacturing, healthcare, and construction. **Production Planning and Control**, p. 1–21, 2020.
- GONZALEZ, M. E. Improving customer satisfaction of a healthcare facility: reading the customers' needs. **Benchmarking**, v. 26, n. 3, p. 854–870, 2019.
- HALLAM, C. R. A.; CONTRERAS, C. Lean healthcare: scale, scope and sustainability. **International Journal of Health Care Quality Assurance**, v. 31, n. 7, p. 684–696, 2018.
- HENRIQUE, D. B. et al. A framework to assess sustaining continuous improvement in lean healthcare. **International Journal of Production Research**, p. 1–20, 2020.
- HOEFEL, H. H. K. et al. Bundles for the central sterile supply department. **American Journal of Infection Control**, v. 47, n. 11, p. 1352–1357, 2019.
- HOPP, W. J.; SPEARMAN, M. L. To Pull or Not to Pull: What Is the Question? **Manufacturing & Service Operations Management**, v. 6, n. 2, p. 133–148, 2004.
- HUYNH, E. et al. Can the number of surgery delays and postponements due to unavailable instrumentation be reduced? Evaluating the benefits of enhanced collaboration between the sterilization and orthopedic surgery units. **Orthopaedics and Traumatology: Surgery and Research**, v. 105, n. 3, p. 563–568, 2019.
- JADHAV, J. R.; MANTHA, S. S.; RANE, S. B. Exploring barriers in lean implementation. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 2, p. 122–148, 2014.
- LEITE, H.; BATEMAN, N.; RADNOR, Z. Beyond the ostensible: an exploration of barriers to lean implementation and sustainability in healthcare. **Production Planning and Control**, v. 31, n. 1, p. 1–18, 2020.
- LIKER, J. **The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer**. New York: McGraw-Hill Education, 2004.
- LIKER, J.; MEIER, D. **The Toyota Way Fieldbook**. New York: McGraw-Hill Education, 2005.
- MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.
- ROTHER, M.; HARRIS, R. **Creating Continuous Flow**. Cambridge: Lean Enterprise Institute, 2001.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda**. Cambridge: Lean Enterprise Institute, 1999.
- TLAPA, D. et al. Effects of Lean Healthcare on Patient Flow: A Systematic Review. **Value in Health**, v. 23, n. 2, p. 260–273, 2020.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation**. New York: Productivity Press, 2003.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **The machine that changed the world**. New York: Productivity Press, 1991.
- YADAV, V. et al. The propagation of lean thinking in SMEs. **Production Planning and Control**, v. 30, n. 10–12, p. 854–865, 2019.