

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Bruna Dones Gayer

**MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DO USO
DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO PUXADA**

Porto Alegre

2019

Bruna Dones Gayer

**MÉTODO PARA AVALIAÇÃO DO USO DE SISTEMAS
DE PRODUÇÃO PUXADA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Professor Tarcisio A. Saurin, Dr.

Porto Alegre

2019

Bruna Dones Gayer

Método para Avaliação do Uso de Sistemas de Produção Puxada

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Acadêmica e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Tarcisio Abreu Saurin, Dr.

Orientador PPGEP/UFRGS

Prof. Flávio Sanson Fogliatto

Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professor Giuliano Almeida Marodin, Dr. (University of South Carolina)

Professora Daniela Dietz Viana, Dra. (Universidade Federal do Rio Grande do Sul)

Professora Priscila Wachs, Dra. (Universidade Federal do Rio Grande do Sul)

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo incentivo e carinho com que sempre apoiaram as minhas lutas, vitória e derrotas, e que sempre me enchem de motivação diante das barreiras impostas pela vida. À minha mãe, Rosa, que é responsável por todas as minhas conquistas e que me confortou sempre com suas palavras de infinita sabedoria materna. Ao meu pai, Jefferson, pelo exemplo de vida, dedicação ao núcleo familiar e pelo suporte ao meu desenvolvimento como indivíduo.

À toda a minha família, em especial minha tia Vera, pelo apoio e auxílio principalmente no final desta jornada. Às minhas melhores amigas, dentre elas a Charise, Isabela, Isadora e Juliana, agradeço pelos ensinamentos sobre a vida e pelas divertidas surpresas pelas quais passamos, pelas viagens, noitadas, cervejas, vodcas e alegrias. Aos amigos que conquistei dentro do PPGEP, que me acalmaram por viverem as mesmas dúvidas, angústias, crises entre outras emoções, que são comuns durante a dissertação.

Ao orientador professor Tarcísio Abreu Saurin, que manteve uma enorme paciência e dedicação para que este trabalho fosse realizado, a minha infinita gratidão. À professora Priscila Wachs, pelo auxílio durante a execução e finalização do trabalho, além de ter sido uma grande parceira em toda essa jornada. À Universidade Federal do Rio Grande do Sul que já me acolhe por cerca de 10 anos de convivência e a qual possuí o meu maior apreço e dedicação, me orgulhando profundamente de ter sido parte de sua história. Em especial aos departamentos de Engenharia de Produção e a Engenharia Civil que me proporcionaram uma inestimável jornada pelos campos do conhecimento científico, com o apoio exercido através de professores, doutorandos, mestrandos, graduandos, alunos e colegas. À CAPES e a todos os demais órgãos que incentivam a pesquisa no país, aos quais foram responsáveis por boa parte da minha formação acadêmica nos últimos sete anos.

“Having no problems is the biggest of all”

Taiichi Ohno

RESUMO

Este trabalho propõe um método para a avaliação do uso de sistemas de produção puxada. O método foi desenvolvido após uma revisão sistemática da literatura e entrevistas com especialistas em sistemas lean. Em seguida, o método foi aplicado em três estudos de caso, nos setores manufatura, serviço de saúde e construção civil. O método propõe que os sistemas de produção puxada sejam avaliados com base em três categorias (Estabilidade, Projeto do sistema e Controle do sistema), que são desdobradas em nove subcategorias e em vinte e três atributos. Os benefícios da utilização do método podem incluir a identificação de oportunidades de melhoria e a compreensão dos motivos para a diferença entre o funcionamento real do sistema de produção puxada e o funcionamento planejado. O método possui três módulos: (i) descrição do contexto, que tem como objetivo identificar características do sistema-alvo que influenciam os sistemas de produção puxada; (ii) avaliação do nível de aderência do sistema aos vinte e três atributos de sistemas de produção puxada; e (iii) feedback e discussão dos resultados com representantes da organização. Os resultados indicaram que: (a) os atributos propostos no método são aplicáveis aos três setores dos estudos de caso; (b) existem *trade-offs* relacionados à gestão dos sistemas de produção puxada nos três setores de aplicação do método; e (c) esses *trade-offs* deixam claro que o monitoramento da resiliência organizacional deve ser levado em consideração na gestão dos sistemas de produção puxada.

Palavras-chave: Sistemas lean; Sistemas de produção puxada; Avaliação.

ABSTRACT

This study proposes a method for evaluating the use of pull production systems. The method was developed after a systematic review and interviews with specialists in lean systems. Next, the method was applied in three case studies: manufacturing, health service and civil construction sectors. The method proposes that pull production systems be evaluated based on three categories (Stability, System design and System control), which are deployed in nine subcategories and twenty-three attributes. The benefits of the method may include identify opportunities for improvement and understand the reasons for the difference between the actual functioning of the pull production systems and the planned operation. The method has three modules: (i) description of the context, which aims to identify characteristics of the target system that influence the pull production system; (ii) assessment of the level of adherence of the system to the twenty-three system attributes; and (iii) feedback and discussion of the results with representatives of the organization. The results indicated that: (a) The attributes proposed in the method are applicable to the three sectors studied; (b) There are trade-offs related to the management of pull production systems in the three sectors in which the method was applied; and (c) These trade-offs make it clear that the monitoring of organizational resilience should be taken into account in the management of pull production systems.

Key words: Lean systems, Pull production systems, Evaluation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas de pesquisa	36
Figura 2 - Balança metálica	41
Figura 3 - Categorias, subcategorias e atributos do <i>checklist</i>	51
Figura 4 - Organograma dos setores ligados à produção na empresa A.....	59
Figura 5 - Subfamília de módulos metálicos	60
Figura 6 - Subfamília de componentes mecânicos	61
Figura 7 - Subfamília de componentes eletrônicos	61
Figura 8 - Representação do fluxo da família de balanças metálicas	62
Figura 9 - Quadro kanban de pedidos efetuados aos fornecedores	64
Figura 10 - Supermercado (8) de placas cortadas.....	66
Figura 11 - Cartão <i>kanban</i> para módulos acabados.....	67
Figura 12 - Croqui da planta da fábrica	68
Figura 13 - Não conformidade com o padrão de movimentação dos cartões <i>kanban</i>	70
Figura 14 - Não cumprimento para o limite máximo do WIP de módulos metálicos.....	76
Figura 15 - Detalhe da placa de aviso do limite de WIP	77
Figura 16 - Etapas em que pode ocorrer violação autorizada do limite de WIP	78
Figura 17 - Áreas do hospital que são atendidas pela UR.....	82
Figura 18 - Representação do fluxo de paciente da UTI que realiza exame na UR.....	84
Figura 19 - Posicionamento dos materiais e equipamentos para o transporte.....	87
Figura 20 - Transporte do paciente no elevador	89
Figura 21 - Estoque de materiais na sala de exame	97
Figura 22 - Croqui da planta baixa da Unidade de Radiologia	99
Figura 23 - Oportunidade de melhoria no aguardo da liberação do corredor interno da UR	102
Figura 24 - Representação do fluxo de elevação de alvenaria	105
Figura 25 - Quadro visual para a solicitação de <i>kits</i>	107
Figura 26 - Sequência planejada de elevação por cada operador	112
Figura 27 - Sequência de elevação realizada por cada operador	112
Figura 28 - Armazenamento de paletes nos andares superiores	114
Figura 29 - Disposição dos <i>kits</i> em frente às vistas nos andares superiores.....	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estrutura do capítulo de resultados na dissertação.....	19
Tabela 2 - Exemplo de preenchimento do quadro de escore final.....	39
Tabela 3 - Fontes de evidência utilizadas na coleta de dados	43
Tabela 4 - Perfil dos especialistas entrevistados	44
Tabela 5 - Reuniões para a Avaliação final.....	48
Tabela 6 - Categorias de análise para a Concepção do método.....	49
Tabela 7 - Questões norteadoras e fontes de evidência para os critérios de avaliação do MASPP.....	52
Tabela 8 - Categorias, subcategorias e atributos desenvolvidos	54
Tabela 9 - Avaliação da categoria Estabilidade.....	69
Tabela 10 - Avaliação da categoria Projeto do sistema.....	71
Tabela 11 - Avaliação da categoria Controle do sistema	74
Tabela 12 - Escore final da eficiência do sistema	79
Tabela 13 - Sinais fisiológicos de alerta para reavaliar o transporte do paciente.....	85
Tabela 14 - Materiais e equipamentos para o transporte	87
Tabela 15 - Avaliação da categoria Estabilidade.....	91
Tabela 16 - Fontes de variabilidade existentes nas etapas 5, 7, 9, 10 e 11	91
Tabela 17 - Avaliação da categoria Projeto do sistema.....	93
Tabela 18 - Avaliação da categoria Controle do sistema	98
Tabela 19 - Escore final da eficiência do sistema	100
Tabela 20 - Ferramentas utilizadas na empresa.....	103
Tabela 21 - Avaliação da categoria Estabilidade.....	108
Tabela 22 - Avaliação da categoria Projeto do sistema.....	110
Tabela 23 - Avaliação da categoria Controle do sistema	117
Tabela 24 - Escore final da eficiência do sistema	118
Tabela 25 - Resultado da avaliação do método	120

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 CONTEXTO.....	12
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	16
1.3 QUESTÃO E OBJETIVOS DE PESQUISA	18
1.3.1 Questão de pesquisa	18
1.3.2 Objetivo geral	18
1.3.3 Objetivos específicos	19
1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA	19
1.5 DELIMITAÇÕES DA DISSERTAÇÃO	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 O JUST-IN-TIME E A ORIGEM DO SISTEMA DE PRODUÇÃO PUXADA.....	20
2.2 A IMPLANTAÇÃO E O FUNCIONAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO PUXADA.....	21
3.2.1 Estabilidade para a implantação e sustentação.....	21
3.2.2 Projeto do Sistema	23
3.2.3 Controle do Sistema	26
2.3 O SISTEMA DE PRODUÇÃO PUXADA NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	28
2.4 O SISTEMA DE PRODUÇÃO PUXADA NO SERVIÇO DE SAÚDE.....	30
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CAPÍTULO.....	31
3. MÉTODO	33
3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA	33
3.2 Delineamento das etapas de pesquisa	35
3.3 O MASPP	37
3.4 ESCOLHA DOS CASOS	41
3.5 COLETA DE DADOS	43
3.5.1 Coleta de dados na etapa (1) Concepção.....	43
3.5.2 Coleta de dados na etapa (2) Implementação.....	46
3.5.3 Coleta de dados na etapa (3) Avaliação final.....	48
3.6 ANÁLISE DE DADOS	49
3.6.1 Análise de dados na etapa (1) Concepção	49
3.6.2 Análise de dados na etapa (2) Implementação	51
3.6.3 Análise de dados na etapa (3) Avaliação final	52
4. RESULTADOS	53
4.1 OS ATRIBUTOS UTILIZADOS NO MASPP	53
4.2 ESTUDO DE CASO A – MANUFATURA	58

4.2.1	Caracterização do sistema alvo da empresa A	58
4.2.2	Avaliação dos atributos de sistemas de produção puxada	69
4.2.3	Escore e considerações finais do caso A	79
4.3	ESTUDO DE CASO B – SERVIÇO DE SAÚDE	81
4.3.1	Caracterização do sistema alvo da empresa B	81
4.2.2	Avaliação dos atributos de sistemas de produção puxada	91
4.2.3	Escore e oportunidades de melhoria identificadas no caso B	100
4.3.3	Avaliação dos atributos de Sistemas de Produção Puxada	108
4.3.3	Escore e oportunidades de melhoria identificadas no Caso C	118
5.	CONCLUSÕES.....	122
5.1	CONCLUSÕES	122
5.2	LIMITAÇÕES DO ESTUDO	124
5.3	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	124
REFERÊNCIAS	126
APÊNDICE A	– MÓDULO (I) DO MASPP.....	141
APÊNDICE B	– MÓDULO (II) DO MASPP	144
APÊNDICE C	– MÓDULO (III) DO MASPP	149
APÊNDICE D	– Roteiro semiestruturado utilizado nas entrevistas com especialistas em lean.....	150

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

O Sistema Toyota de Produção (STP) é uma filosofia de gestão desenvolvida a partir da década de 1940 no Japão, focada na redução de perdas e aumento da agregação de valor ao cliente. Womack *et al.* (1992) popularizaram o termo *lean production*, para designar uma abstração do STP, que em princípio pode ser aplicada a qualquer setor, mesmo em setores substancialmente diferentes da indústria automotiva (SHINGO, 1996). Embora a busca pela eliminação das perdas não seja uma novidade na área de produção, as singularidades do lean estão na concepção de um sistema de negócios, não apenas enfatizando a produção em si, mas voltado a combater perdas sob uma visão ampla, compreendendo qualquer atividade realizada pela empresa que absorve recursos, mas não agrega valor, sob a perspectiva de clientes internos e externos (WOMACK e JONES, 1997).

Womack e Jones (1997) definem 5 princípios fundamentais para o funcionamento do lean: i) identificar o que conta como valor sob a perspectiva do cliente; ii) identificar o fluxo de valor e as perdas ao longo deste; iii) fluxo contínuo, para reduzir o tempo de atravessamento do produto ou serviço na empresa (*lead time*); iv) puxar ao invés de empurrar, reduzindo estoques desnecessários; e v) perseguir a perfeição, buscando continuamente melhores formas de criar valor.

O princípio (iv) diz respeito a sistemas de produção puxada, nos quais a produção é desencadeada pela demanda real, sob um sistema descentralizado de controle. O sistema de produção puxada (SPP) é um modo de interligar todos os processos produtivos para que cada processo fornecedor esteja produzindo um bem ou serviço no mesmo ritmo que o seu processo cliente, e, assim, produzindo de acordo com a demanda real (*takt time*) e com mínimo de perdas (WOMACK e JONES, 1997). De acordo com Smalley (2004) e Hopp e Spearman (2011), algumas características essenciais do SPP são: (i) existência de apenas um ponto receptor das ordens de produção; e (ii) existência de limites máximos para os estoques em processo (WIP). Spearman e Zazanis (1992) afirmam que o simples fato de puxar os trabalhos entre os processos cliente e fornecedor não afeta o desempenho de

forma significativa. De acordo com esses autores, além de outros como Takahashi et al. (1997), Framinan et al. (2006) e Junior e Godinho Filho (2010) a característica distintiva que conduz aos benefícios do sistema puxado está no controle dos níveis de *Work-In-Process* (WIP).

Assim como outras práticas lean, os sistemas de produção puxada possuem determinadas pré-condições que aumentam sua eficácia, notadamente a confiabilidade e a estabilidade básica da operação dos 4 M's (Material, Método, Mão-de-obra e Máquina) nas suas várias dimensões, tais como padronização de rotinas de abastecimento de materiais, existência de capacidade e disponibilidade dos processos (SMALLEY, 2004; ALCARAZ et al., 2016).

Aspectos sociais, tais como a cultura organizacional e o desenvolvimento das pessoas também contribuem para os sistemas de produção puxada, visto que esses têm uma característica sócio-técnica e não apenas técnica (CLEGG, 2000). Monden (2011) ressalta que estes aspectos sociais podem comprometer não apenas a implantação do SPP, como também o sistema lean como um todo. O autor ainda destaca que a jornada lean exige conhecimento, empenho, investimento, competência e criatividade das organizações para adaptar os conceitos a diferentes contextos. Esta dependência do contexto pode explicar a variabilidade que envolve a adoção do lean, já que muitas organizações adotam somente técnicas e ferramentas específicas do lean em projetos pequenos, criando uma “ilha” de melhores práticas, enquanto poucas adotam uma abordagem em todo o sistema (RADNOR, 2010). Taiichi Ohno (1988), um dos principais criadores do Sistema Toyota de Produção, deixa claro que o mesmo não deve ser simplesmente copiado, mas ser entendido e utilizado como referência na criação de um modelo ideal de produção próprio, que respeite a cultura e as necessidades locais (OHNO, 1988).

Serviços, construção civil, fabricação de aeronaves são alguns dos setores em que os princípios do lean, assim como a produção puxada, têm sido utilizados, com os mesmos objetivos da manufatura: manter o equilíbrio entre estoques/filas e a disponibilidade de serviços/produtos (TORKABADI e MAYORGA, 2018). Contudo, apesar de compartilharem dos mesmos propósitos, as práticas lean nesses setores estão sujeitas a condições contextuais diferentes, cujos impactos não são bem compreendidos (BALLARD et al., 2001; THÜRER et al., 2016; HENRIQUE e GODINHO FILHO, 2018).

Para os serviços de saúde, por exemplo, a definição de sistemas de produção puxada abrange a realização do cuidado correto, no momento em que o cliente (paciente) necessita (INSTITUTE FOR HEALTHCARE IMPROVEMENT, 2003). Uma dificuldade relevante, neste caso, está na incerteza acerca de como o paciente vai se comportar ao longo do fluxo de valor (LITVAK, 2010). Em um processo de cuidado de um paciente, somente após a avaliação das condições do paciente é possível determinar o tratamento, e ainda sim muitos processos mudam devido a complicações inesperadas. Essa falta de linearidade das etapas do fluxo de valor em várias situações requer alguma forma de folga (seja como tempo, capacidade, material ou outros recursos) (SAURIN e WERLE, 2017). Assim, folgas que na manufatura poderiam ser interpretadas como perdas, nos serviços de saúde podem ser fundamentais para a sustentação do sistema.

Já para o setor da construção civil, algumas particularidades estruturais e funcionais podem ser observadas: i) algumas decisões, como capacidade, tempo de entrega e preço têm que ser tomados sob incerteza no começo do projeto (RUDBERG e WIKNER 2004); ii) a demanda é independente, ou seja, é considerada certa e finita no processo produtivo (GOSLING e NAIM, 2009); e iii) o processo produtivo é naturalmente descentralizado (BALLARD et al., 2001). Segundo Ballard et al. (2001), a teoria dos sistemas de produção proposta por Koskela (1992), o lean construction, deve ser o ponto de partida para a construção civil, pois as teorias desenvolvidas para a manufatura necessitam ser adaptadas. Para Koskela, o papel do SPP no lean construction busca cumprir dois objetivos principais: minimizar o desperdício e maximizar o valor, de forma que o sistema possa ser previsto com maior precisão dentro de uma janela de confiabilidade (KOSKELA, 1999). Dessa forma, um sistema puxado de controle da produção, chamado last planner system (LPS), une esforços para que as atividades iniciem apenas quando todas as restrições forem removidas, evitando trabalho em progresso, atrasos ou antecipação da produção. (BALLARD e HOWELL, 1998).

De modo geral, considerando vários setores conjuntamente, a literatura a respeito do sistema de produção puxada (SPP) apresenta diversas linhas de pesquisa. Estudos como os de Olhager e Östlund (1990), Spearman e Zazanis (1992) e Stockton e Lindley (1995) exploram as estratégias de funcionamento do SPP (sistema de reposição, sequenciado e misto, por exemplo). Olhager e Östlund (1990) demonstram por meio de um estudo de caso a possibilidade de integrar no mesmo fluxo de valor estratégias de puxar e empurrar,

para redução de *lead time* de manufatura em um contexto *make-to-order*, de forma que, onde nos processos em que os produtos seguiam de forma modular foi implantado o SPP, e à jusante do fluxo, a partir do ponto onde o produto era customizado (ponto de pedido do cliente) se implantou a estratégia de empurrar. Já Spearman e Zazanis (1992) exploram as vantagens de puxar, ao invés de empurrar. De acordo com esses autores, sistemas puxados são melhores que os empurrados devido a dois aspectos: (i) são inerentemente mais fáceis de controlar, por serem descentralizados e porque o *Work-In-Process* (WIP) pode ser facilmente observado de forma direta; e (ii) possuem WIP com tamanho máximo, o que facilita o controle visual.

Outros estudos discutem o SPP e sua relação com as demais práticas lean, como a gestão visual (PARRY e TURNER, 2006; BELL e DAVISON, 2013), a troca rápida de ferramentas (MCINTOSH et al., 2001; DAVE e SOHANI, 2012) e a manutenção produtiva total (MCKONE et al., 2001; ETI et al., 2004). Outra linha de pesquisa são os estudos elucidando formas distintas de operacionalizar sistemas puxados, como *kanban*, *Constant Work-In-Process* (CONWIP) e *Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization* (POLCA) (FRAMINAN et al., 2003; TAKAHASHI e HIROTANI, 2005; LAND, 2009; JUNIOR e GODINHO FILHO, 2010; RIEZEBOS, 2010; GONG et al., 2014; LEONARDO et al., 2017).

Já estudos como os de Framinan (2006), Harrod e Kanet (2013), Onyeocha (2015) e Xanthopoulos et al. (2017) trataram de modelagens matemáticas para simulação de decisões, como tamanho de lote de produção e número de cartões *kanban* necessários. Contudo, há uma carência de estudos que avaliam o impacto dessas diferentes decisões de implementação sobre o desempenho do SPP (FRAMINAN et al., 2003).

Persona et al. (2008) e Bendavid et al. (2010) demonstram que o uso do *kanban* para o processo de reposição de suprimentos médicos em hospitais, em conjunto com o redesenho de processos e funções, pode melhorar substancialmente o desempenho operacional. Já Proudlove et al. (2003) e Martin et al. (2011) discutem o papel do SPP no gerenciamento dos leitos, visando aumentar a utilização da capacidade instalada, além de aprimorar o atendimento ao paciente. De acordo com Martin et al. (2011), a maior fonte de atraso no fluxo do paciente está no tempo de espera dos pedidos de leito para internação hospitalar. Silich et al. (2012), Brown et al. (2013) e Halvorson et al. (2016) discutem a importância do gerenciamento do transporte de pacientes críticos, eliminando esperas. O

transporte de pacientes críticos tem despertado grande interesse de estudo, pois segue um protocolo onde cada etapa precisa ser realizada no momento correto e com os recursos necessários, exigindo um grande esforço sistêmico para realizar a atividade no menor tempo possível.

Estudos como o de Arbulu et al. (2003) e Arbulu e Ballard (2004) ressaltam a importância do *kanban* para melhorar a gestão do sistema de fornecimento de materiais na construção. Viana et al. (2013) apresentam um conjunto de diretrizes para elaborar sistemas de planejamento e controle no processo de montagem de pré-fabricados, de forma que o canteiro de obras possa puxar a pré-fabricação de componentes. Já Trevisan et al. (2016) discutem o conceito de sistema puxado baseado na ideia de controlar o WIP, em sistemas de construção *engineered-to-order*. *Engineer-to-order* é um tipo de processo de fabricação em que um produto é projetado e acabado após o recebimento de um pedido, ou seja, o ponto de disparo da produção está no processo de projeto do produto (GOSLING e NAIM, 2009).

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Apesar dos potenciais benefícios, os sistemas de produção puxada, assim como os demais princípios e práticas lean, raramente são implantados de forma consistente ao longo do tempo, e abrangendo todos os fluxos de valor de uma empresa, bem como muitas implantações não alcançam os resultados desejados (PUCHKOVA et al., 2016). A dificuldade de sustentação do SPP pode ocorrer devido a falta de estabilidade e confiabilidade, mencionada no item anterior. De fato, instabilidades de origem interna e externa podem comprometer o funcionamento do sistema, como grandes variações de demanda, flutuações nos tempos de *setup* e altas variações nos tempos de produção (variações que, por exemplo, podem ter origem no atraso de fornecedores internos e externos) (JUNIOR e GODINHO FILHO, 2010), grandes distâncias entre postos de trabalho, fluxo complexo de materiais, grande número de fornecedores, dentre outras (HOPP e SPEARMAN, 2011).

Atributos para projeto e layout do fluxo de materiais, dimensionamento, operacionalização e controle dos sistemas de produção puxada são discutidos de forma fragmentada em diversos estudos, tais como Spearman e Zazanis (1992), Hopp e Spearman (2004), Junior e Godinho Filho (2010), Mourtzis e Doukas (2013) e Al-Baik e Miller

(2015), assim como as pré-condições envolvidas na implantação (MONDEM, 1983; SHINGO, 1988; ALCARAZ et al., 2016).

Além disso, há carência de estudos de caso que permitam entender as particularidades do uso de sistemas de produção puxada em diferentes contextos. Estudos como o de Soliman et al. (2018) afirmam que a complexidade do sistema, encontrada em diferentes contextos como nos serviços de saúde, na construção civil e em muitos sistemas na manufatura, influenciam a implementação do lean, ou seja, a complexidade é moderadora do sucesso na implementação do lean. Como consequência, em sistemas complexos as pessoas estão sempre ajustando seus desempenhos (ou seja, o trabalho real) para criar ou manter uma condição desejável, para compensar escassez de recursos e/ou evitar consequências indesejáveis para o indivíduo ou para a organização (HOLLNAGEL, 2015). Soliman et al. (2018) identificam alguns *trade-offs* na gestão do SPP, que podem emergir em um sistema complexo: (i) para evitar a escassez de recursos dos processos à jusante por conta de alguma instabilidade, os trabalhadores superproduzem e acumulam WIP (“puxar” *versus* utilização da capacidade); (ii) a aceitação de mudanças de pedido por parte do cliente é tacitamente considerada como agregação de valor, ainda que essas alterações não sejam contabilizadas no fluxo de planejamento puxado de material e o risco de escassez de material aumente (“puxar” *versus* agregar valor ao cliente).

Tanto sob a perspectiva prática quanto teórica, a premência de desenvolver instrumentos para a avaliação de sistemas de produção puxada é parte da necessidade de desenvolver métodos para avaliar o uso de práticas lean como um todo (SAURIN et al., 2012). Benefícios dessa avaliação incluem a identificação de oportunidades de melhoria e a compreensão dos motivos para a diferença entre o funcionamento real das práticas lean e o funcionamento planejado (SOLIMAN et al., 2018). De fato, o conjunto de regras criadas em um ambiente de trabalho dinâmico, ou seja, o funcionamento planejado, pode ser praticamente impossível de ser seguido, dado que os procedimentos padrão não tem como antecipar todas as situações possíveis (HOLLNAGEL, 2015). Esse pressuposto é consistente com dados empíricos das implantações lean, que apontam um índice muito baixo de empresas que sustentam os benefícios iniciais no longo prazo (HENRIQUE e GODINHO FILHO, 2018).

Embora alguns métodos tenham sido elaborados para avaliar o uso de práticas lean em geral, como por exemplo, a análise do uso de práticas lean apresentada por Dollen e

Hacker (2005), e alguns métodos elaborados para avaliar o uso de práticas lean específicas, como células de manufatura (SAURIN et al., 2011) e dispositivos *poka-yoke* (SAURIN et al., 2012), nenhum método que avalie o uso de sistemas de produção puxada foi encontrado na literatura, justificando a necessidade de criação de um instrumento específico, que seja testado e validado em estudos de caso. Além disso, nenhuma ferramenta foi encontrada na literatura que compile as diversas informações disponíveis sobre o SPP, que se encontram fragmentadas em diversas fontes.

Para suprir tais lacunas, faz-se necessário o desenvolvimento de um método de auditoria do uso do SPP. A auditoria é um processo sistemático e documentado para obter evidências e averiguar até que ponto elas estão de acordo com as disposições planejadas e/ou estabelecidas previamente (NBR ISO 19011). O método da auditoria permite avaliar na prática as informações que podem ser usadas para melhorar o desempenho da empresa, bem como identificar a diferença entre o funcionamento real e o planejado (CHIESA et al., 1996).

Isto posto, este trabalho visa, por meio de estudos de caso, avaliar a eficiência de sistemas de produção puxada, explorando as particularidades de três setores distintos: (i) manufatura; (ii) serviços de saúde; e (iii) construção civil.

1.3 QUESTÃO E OBJETIVOS DE PESQUISA

1.3.1 Questão de pesquisa

Com base no problema de pesquisa, a principal questão de pesquisa a ser investigada nesta dissertação é enunciada da seguinte forma: como avaliar o uso de sistemas de produção puxada?

1.3.2 Objetivo geral

Este estudo tem como objetivo desenvolver um método para avaliação de sistemas de produção puxada (MASPP) aplicável a diferentes setores, tais como manufatura, construção civil e serviço de saúde.

1.3.3 Objetivos específicos

O trabalho possui o seguinte objetivo específico: identificar e classificar atributos de sistemas de produção puxada.

1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA

A pesquisa está dividida em capítulos de Introdução, Referencial teórico e Resultados, divididos nos seguintes subcapítulos: Os atributos utilizados no MASPP; Estudo de caso A – manufatura; Estudo de caso B – serviço de saúde; Estudo de caso C – construção civil; e Avaliação final do método. Finalmente, o estudo apresenta a conclusão, incluindo as limitações do estudo e possibilidade de estudos futuros. A tabela a seguir apresenta a estrutura do capítulo de resultados, bem como a relação dos mesmos com os objetivos da dissertação.

Tabela 1 - Estrutura do capítulo de resultados na dissertação

RESULTADOS	RELAÇÃO COM OS OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO	
	geral	específico
Os atributos utilizados no MASPP	X	X
Estudo de caso A – manufatura	X	
Estudo de caso B – serviço de saúde	X	
Estudo de caso C – construção civil	X	
Avaliação final do método	X	

1.5 DELIMITAÇÕES DA DISSERTAÇÃO

A principal delimitação da dissertação está no foco dado aos ambientes da manufatura, serviço de saúde e construção civil, mais especificamente à produção de balanças rodoviárias, ao serviço de UTI de um hospital e à construção de um empreendimento residencial, respectivamente.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O JUST-IN-TIME E A ORIGEM DO SISTEMA DE PRODUÇÃO PUXADA

Na década de 1970, enquanto muitas indústrias ocidentais implementavam sistemas empurrados de produção, algo totalmente diferente ocorria na indústria japonesa. Um estilo diferente de produção desencadeou um período de grande crescimento na economia, e o modo de produção ficou conhecido como Just-In-Time (JIT), por meio do trabalho feito por Taiichi Ohno, na Toyota Motor Company (HOPP e SPEARMAN, 2011).

Na analogia de Ohno (1998), uma etapa de trabalho apanharia materiais de uma estação de trabalho anterior, baseado no modelo de supermercado americano. Neste supermercado, o estoque era repostado pela estação de trabalho fluxo acima. O propósito era que cada processo obtivesse os materiais necessários apenas na hora exata em que fossem solicitados, em inglês, *Just-In-Time*. Esta filosofia de produção, de acordo com Ohno (1998) dependia da uniformização da produção (incluindo a estabilidade da mão de obra, materiais e máquinas) e da padronização dos processos, condicionantes que mais tarde ficaram conhecidas como a estabilidade dos 4 M's.

Na década de 1980, um novo termo para o JIT – *lean production* - foi cunhado fora da Toyota e mais tarde se popularizou em dois *best-sellers*, *The Machine that Changed the World* (WOMACK; JONES; ROOS, 1990) e *Lean Thinking* (WOMACK; JONES; 1996). Durante essa época, algumas ideias de Ohno e Shingo a respeito da filosofia e lógica do JIT foram perdidas (HOPP e SPEARMAN, 2011). Hall (1983), Schonberger (1982) e Karmarkar (1986), por exemplo, afirmam que o sistema de produção puxada (SPP) é o sistema no qual os materiais são solicitados pelos usuários ou clientes conforme suas necessidades por meio do *kanban*, único método de operacionalização do SPP explicitado por eles. De acordo com Hopp e Spearman (2011), tal interpretação restringiu o significado do termo “puxar”, e trouxe a ideia errônea de que um SPP não traria benefícios se fosse operacionalizado de forma diferente.

A partir dessa disseminação do lean, vários conceitos de produção puxada foram expressos por diversos autores. Spearman e Zanakis (1992) demonstraram que a “puxada” em cada estação de trabalho, como é feita pelo *kanban*, é menos eficiente do que manter um constante WIP por meio de um sistema chamado CONWIP e foi assim que surgiu um conceito mais amplo para o SPP: é um sistema que estabelece um limite *a priori* para o

WIP, enquanto um sistema de produção empurrada não o faz”, ou de outra forma: “o sistema de produção puxada é aquele no qual as liberações de trabalho são feitas baseadas no *status* do sistema”, ou seja, “no *status* do WIP do sistema”, e depois consolidada por Hopp e Spearman no livro “Factory Physics”, em sua primeira edição em 2000 e no artigo “To pull or not to pull: whats the question?” em 2004.

Bonney (1999) traz um conceito diferente: o SPP é aquele em que o fluxo de informações de controle está na direção oposta ao fluxo de material. Com as definições dadas, de acordo com Bonney (1999) sistemas *make-to-order* (que produzem sob encomenda) e MRP constituem sistemas empurrados de produção. É exatamente esse o motivo pelo qual Hopp e Spearman (2004) elucidam que o sistema CONWIP é puxado em sua essência, pela definição de WIP máximo, mas permite “empurrar” entre um processo e outro.

Womack et al. (1996), Koufteros (1999), Bicheno (2000), entre outros, expressam que “puxar”, em termos simples, significa que um processo inicial não deve produzir um bem ou um serviço sem que o cliente ou um processo posterior o solicite. Hopp e Spearman (2004), em contraponto discutem a ideia de que o simples fato de “puxar” os trabalhos entre as estações não afeta o desempenho de forma significativa, portanto, não é o conceito ideal. De acordo com os autores, além de outros como Takahashi et al. (2004), Framinan et al. (2006) e Junior e Godinho Filho (2010) a chave de sucesso do sistema puxado está no controle dos níveis de WIP que pode existir no sistema, e é exatamente esse comportamento que conduz aos benefícios da eficiência de “puxar”, ao invés de “empurrar”.

2.2 A IMPLANTAÇÃO E O FUNCIONAMENTO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO PUXADA

3.2.1 Estabilidade para a implantação e sustentação

A estabilidade de um fluxo de valor é definida por um estado de previsibilidade da disponibilidade de mão-de-obra, materiais, máquinas e método (4M's) (LIKER e MEIER, 2007). A estabilidade é necessária para que as atividades não sofram com interrupções constantemente, e para que todos os princípios lean tenham sustentação ao longo do tempo, assim como o princípio de “puxar”, e por este motivo é considerada uma pré-condição para a implantação e sustentação de sistemas de produção puxada (OHNO, 1982; MONDEN,

1984; AGGARWAL, 1985; GRÜNWARD et al., 1989; SIPPER e BULFIN, 1997; GHINATO, 2000; HOPP e SPEARMAN, 2011).

O 1° M – estabilidade de mão-de-obra – implica em ter funcionários qualificados em quantidade suficiente para lidar com os processos (SMALLEY, 2004). Diversos autores como Monden (1984), Blackburn (1991), Koufteros et al. (1998) e Smalley (2004) afirmam que o envolvimento de funcionários e a disponibilidade de funcionários bem treinados são aspectos fundamentais. O treinamento precisa ser baseado em padrões, que forneçam a instrução para que o funcionário saiba exatamente o que fazer, como fazer e quando fazer (LIKER e MEIER, 2007).

A estabilidade de materiais (2° M) implica em ter sempre material suficiente para cumprir a produção diária (SMALLEY, 2004). Para garanti-la, a variabilidade nos tempos de ciclo dos processos, o desbalanceamento das atividades dos operadores, os *setups* e os atrasos de fornecedores precisam ser reduzidos (WOMACK et al. 1992). Isso porque, essas ineficiências descritas anteriormente resultam em um aumento de estoques para neutralizá-las. Dessa forma, o reflexo de ter a estabilidade do material é a possibilidade de redução do nível de estoques e por consequência, redução do tempo de atravessamento (*lead time*) do produto ou serviço (SHINGO, 1996).

A disponibilidade de máquinas em quantidade e qualidade suficientes para produzir de acordo com a demanda caracterizam a estabilidade de máquinas (3° M), e o principal mecanismo para garantir equipamentos confiáveis e estáveis é a manutenção adequada (LIKER e MEIER, 2007). A existência de um plano de manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos e práticas de manutenção preventiva total (TPM), como inspeção e limpeza são fundamentais para reduzir interrupções e retrabalhos (SMALLEY, 2004). Equipamentos que não foram mantidos adequadamente provocam paralisações não planejadas que aumentam o tempo de espera e induzem as empresas a compensar a confiabilidade do equipamento, adicionando estoque (Bockerstette e Shell, 1993; Schonberger, 1986). Por outro lado, é importante ressaltar que a garantia da estabilidade das máquinas depende, além da disponibilidade e manutenção correta dos equipamentos, da capacidade dos equipamentos de produzirem de acordo com a demanda (SMALLEY, 2004).

Já a estabilidade do método, o 4° M, implica na existência e cumprimento de métodos de trabalho, tais como instruções básicas ou padrões estabelecidos (SMALLEY, 2004). O padrão, para o lean, é uma ferramenta de medição de como alguma atividade está

sendo feita e uma referência quando se deseja mudar algo (LIKER, 2004). O estabelecimento de procedimentos padronizados é a maior chave para a criação de desempenho consistente (LIKER e MEIER, 2007).

Os motivos para que o sistema puxado não alcance a estabilidade mínima necessária são as fontes de variabilidade que podem estar presentes (SMALLEY, 2004). Algumas das fontes de variabilidade nos sistemas de produção incluem a do processamento, desencadeada por diversos aspectos: mudanças no procedimento de execução de tarefas, setups longos e complexos, paradas não planejadas, problemas de qualidade e atrasos no fornecimento de material por parte de fornecedores (HOPP e SPEARMAN, 2011).

A literatura aponta algumas evidências de como definir se um sistema possui estabilidade mínima ou não. Alguns exemplos são: a produção de um bem ou serviço subordinado ao tempo *takt* (ritmo da demanda do cliente) com a melhor qualidade e o menor desperdício possível; a aderência de pelo menos 70 a 80% ao planejado (repetibilidade dos tempos de ciclo, por exemplo); e a capacidade de recuperar os atrasos dentro do tempo *takt* (KAMADA, 2008).

3.2.2 Projeto do Sistema

O projeto de um sistema de produção puxada (SPP) envolve desde o planejamento do layout até aspectos como o dimensionamento de estoques, definição do fluxo de movimentação de pessoas e abastecimento de materiais. É necessário também definir qual o objetivo da implantação: aumentar o atendimento aos clientes no prazo; reduzir custos de estoques; e diminuir o fluxo de informações na fábrica, são alguns exemplos (HOPP e SPEARMAN, 2011). Dessa forma, o tipo de SPP será definido com base no comportamento da demanda em volume e frequência e nas necessidades da empresa em relação a implantação. Por exemplo, se a empresa, para uma determinada família de produtos, sofre com a falta de atendimento aos clientes no prazo e possui uma demanda alta em volume para estes produtos, pode ser uma boa opção criar um supermercado de produtos acabados para estes produtos (SMALLEY, 2004).

Em relação aos estoques e supermercados, estes existem por conta da necessidade de neutralizar a variabilidade de processos com pouca estabilidade (SMALLEY, 2004). Eles são introduzidos conforme o tipo de SPP que foi definido para ser implantado.

Smalley (2004) e Harris et al. (2002) definem três tipos principais de estoque: o de matérias-primas, o estoque de produtos em processo (WIP) e o estoque de produtos acabados. Os estoques delimitados (com tamanho mínimo e máximo) no SPP são chamados de supermercados, termo que faz alusão às prateleiras de supermercados, onde os produtos são repostos conforme o consumo dos clientes (OHNO, 1988).

A sistemática utilizada para operacionalizar o SPP é o *kanban*, frequentemente associado a cartões, mas também observado em diversos outros formatos, como o *kanban* eletrônico (E-kanban), contêineres coloridos, prateleiras demarcadas ou mesmo áreas limitadas pintadas no chão ou em paredes (OHNO, 1988; STEUDEL e DESRUELLE, 1992; JUNIOR e GODINHO FILHO, 2010). O *kanban* é uma forma simples e visual de comunicação entre processos, com o objetivo de informar ao processo fornecedor as necessidades do processo cliente (JUNIOR e GODINHO FILHO, 2010). A quantidade de sinais visíveis (cartões, containers de peças) no sistema puxado estabelece um limite de WIP, o que facilita a detecção visível de distúrbios de processo e, portanto, promove atividades de melhoria contínua (HOPP e SPEARMAN, 1996), sendo a sistemática de preferência para muitas empresas, como a própria Toyota.

Embora a palavra *kanban* seja comumente traduzida como cartões, o termo vem sendo utilizado para se referir a qualquer mecanismo de gestão visual para regulação de estoques e indicação de necessidade de produção (LIKER, 2005). O CONWIP, apresentado por Spearman et al. (1990) utiliza um único tipo de cartão para controlar a quantidade máxima de estoque em processo (WIP) permitido na linha de produção, o que o torna mais ágil em resposta às mudanças de demanda (FRAMINAN et al., 2003). Já o *Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization* (POLCA) é um sistema de controle de material projetado para produção sob encomenda (*make-to-order*). POLCA usa um sinal visual (cartões) para autorizar o progresso de uma ordem de produção, restringindo a quantidade de WIP, a fim de obter um tempo médio de produção curto (FERNANDES e DO CARMO-SILVA, 2006). Isso facilita a produção *make-to-order* em empresas que precisam lidar com uma grande variedade de produtos personalizados e pressão para fornecer tempos de produção curtos (RIEZEBOS, 2010).

Há três formas básicas de sistemas de produção puxada: o SPP tipo A ou Sistema Puxado de Reposição; o SPP tipo B ou Sistema Puxado Sequenciado; e o SPP tipo C ou Sistema Puxado Misto. Em um Sistema Puxado de Reposição, cada processo tem um supermercado, que armazena uma quantidade de cada item produzido. Cada processo

produz apenas o necessário para repor o que é retirado do seu supermercado. Cada processo é responsável pela reposição de seu supermercado, de modo que a gestão diária do local de trabalho é relativamente simples. A desvantagem de um sistema com supermercado é que, caso a variedade de peças seja muito grande (alto *mix* de produtos) pode não ser muito prático, já que um processo precisa manter um estoque com todas as peças que produz (SMALLEY, 2004).

Já em um Sistema Puxado Sequenciado, os produtos são feitos basicamente sob encomenda (*make-to-order*). O departamento de programação deve estabelecer o *mix* correto e a quantidade de produtos a ser produzida. Isso pode ser feito colocando-se cartões *kanban* em um quadro, chamado *heijunka box*, geralmente no início de cada turno. Essas instruções de produção são então enviadas ao processo inicial do fluxo de valor. Cada um dos processos seguintes produz em sequência os itens que chegam até ele, originados no processo anterior. A fila FIFO (*First-In-First-Out*) para cada produto precisa ser mantida continuamente. A vantagem deste sistema é que, como não há supermercados entre os processos, o estoque total do sistema é minimizado. Além disso, é uma alternativa à empresa quando houver uma variedade de peças muito grande para serem armazenadas em um supermercado. Contudo, para que esse sistema funcione efetivamente, o padrão da demanda de pedidos dos clientes precisa ser bem compreendido. Caso os pedidos sejam difíceis de prever, o *lead time* de produção deve ser muito curto (menor que o *lead time* do pedido) ou um supermercado adequado de produtos acabados precisa ser mantido (SMALLEY, 2004).

Por fim, o Sistema Puxado Misto permite que o Sistema Puxado de Reposição e o Sistema Puxado Sequenciado sejam implantados seletivamente. Os dois sistemas podem ocorrer ao mesmo tempo, lado a lado, horizontalmente, ao longo de um fluxo de valor completo, ou podem ser usados para uma determinada peça em alguns trechos de seu fluxo de valor. Este tipo de SPP pode ser apropriado quando uma regra 80/20 for aplicável: um percentual pequeno do *mix* de peças (talvez 20%) respondem pela maior parte (talvez 80%) do volume de produção diário. É feita uma análise para segmentar as peças por volume, de acordo com a frequência de pedidos: (A) alta, (B) média, (C) baixa e (D) não frequente. Dessa forma, uma parte do *mix* é feita sob encomenda (SPP tipo B) e outra para reposição (SPP tipo A) (SMALLEY, 2004).

As ferramentas de representação e análise de fluxos, como Mapa de Fluxo de Valor do estado atual e do estado futuro, Diagrama de Raias e Diagrama de Spaghetti auxiliam na identificação de perdas e são o primeiro passo para apontar quais as necessidades de melhorias no sistema, e se elas justificam a implantação de um SPP (ROTHER e SHOOK, 1998). As ferramentas de análise do fluxo também auxiliam na identificação de recursos compartilhados com outros fluxos de valor, bem como na definição de uma família de produtos piloto para a implantação do SPP (SMALLEY, 2004).

Também faz parte do planejamento do SPP a criação de um sistema lean para a movimentação de materiais. A movimentação de materiais é uma atividade de suporte ao SPP, que facilita a produção em pequenos lotes e apoia atividades em fluxo contínuo (HARRIS et al., 2002). Quem executa atividade geralmente é um movimentador de materiais, o *mizusumashi*, que possui um trabalho padrão, com rotas, rotinas e em um ritmo (tempo *takt*) subordinado à demanda para a entrega de materiais por toda a fábrica (GHINATO, 2016). A principal vantagem em se ter um profissional dedicado à essa atividade é que os operadores não precisam sair da estação de trabalho para buscar materiais (GHINATO, 2016).

Por fim, a existência de um gerente do fluxo de valor puxado, comumente chamado de líder é fundamental na fase de implantação como também para a sustentação de sistemas de produção puxada (SMALLEY, 2004). O papel do líder é desenvolver os funcionários e capacitá-los para resolução de problemas e busca de melhorias (SEIDEL et al., 2017; LEDBETTER, P., 2018). O SPP deve ter adesão ao cronograma diário, com padrões de cada atividade rotineira que é realizada, e essas atividades rotineiras precisam ser avaliadas pelos líderes e reportadas para a supervisão diariamente. Além do mais, o líder tem o papel de estabelecer um sentimento de urgência na identificação e solução de problemas para que o SPP se sustente (SEIDEL et al., 2017).

3.2.3 Controle do Sistema

Sistemas de produção puxada podem ser fáceis de serem controlados se comparados aos sistemas empurrados, pois dependem da definição dos níveis de estoque, e não das taxas de liberação de trabalhos como em sistemas empurrados. Além disso, os níveis de estoque são facilmente observáveis, o que garante à gestão visual um papel essencial (TEZEL et al., 2016).

Todavia, não importa o quão sofisticado seja o sistema, o trabalho real realizado dificilmente seguirá à risca o trabalho prescrito (HOLLNAGEL, 2015). De fato, Soliman et al. (2018), comprovam que a complexidade cria *trade-offs* em relação aos princípios lean, e que as dificuldades de sustentar o sistema são inevitáveis e sujeitas ao contexto da organização. Por exemplo, se uma falha de equipamento atrasa a chegada de peças necessárias em uma linha de montagem, o controle do chão de fábrica precisa determinar como a sequência dos trabalhos deve ser alterada. Isso pode acarretar um problema entre o trabalho real e o prescrito, pois há a possibilidade parar a produção e aguardar a peça, pular a sequência de produção ou mesmo continuar produzindo os outros componentes por antecipação (SOLIMAN et al., 2018).

Para detectar os problemas em tempo e formular ações, o gerente do fluxo precisa manter as informações nas pontas dos dedos. Essas informações incluem, por exemplo, a localização dos materiais na fábrica, o *status* dos equipamentos, bem como o *status* da produção (HOPP e SPEARMAN, 2011). A definição de indicadores, a avaliação da estabilidade destes indicadores e a avaliação do fluxo de valor sob a perspectiva do lean é o primeiro passo para identificação de perdas e a melhoria do processo. Em sequência, é possível realizar ações a partir dos dados e indicadores apontados, com a inserção de ferramentas lean no fluxo dos processos, que podem ser adotadas e monitoradas através destes mesmos indicadores (SMALLEY, 2004).

Uma das formas de monitorar a aderência ao sistema puxado é o acompanhamento do estoque real *versus* planejado, preferível se for visualmente gerenciável (BATEMAN e PHILP, 2016). Outra maneira é utilizar quadros para gerenciamento visual da produção, contendo o que foi produzido *versus* o que foi planejado, tornando o próprio ambiente de produção um controle (OHNO, 1988; HOPP e SPEARMAN, 2011). Outro exemplo é o controle das entregas no prazo para os clientes, utilizando o indicador On-Time-In-Full (OTIF) (SMALLEY, 2004).

Outro aspecto fundamental é o gerenciamento da demanda, que possui o desafio de controlar e ajustar os pedidos dos clientes, de forma a produzir um plano mestre de produção gerenciável, com volume e mix de produção estáveis (HOPP e SPEARMAN, 2011; SPENHOFF et al., 2014; ONYEOCHA et al., 2015; LEONARDO et al., 2017). O nivelamento da demanda, ou a “suavização da produção”, é uma característica essencial da produção puxada. Os pedidos dos clientes não podem ser liberados para as linhas de produção na ordem em que são recebidos, devem ser processados e agrupados de maneira

coerente para fornecer uma carga constante para a fábrica. Dessa forma, é possível estabelecer um equilíbrio entre a estabilidade da fábrica e um bom atendimento ao cliente com prazos curtos de entrega (HOPP e SPEARMAN, 2011).

2.3 O SISTEMA DE PRODUÇÃO PUXADA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Fazendo uma analogia à manufatura, é possível pensar na construção civil como uma grande montagem, onde diferentes fluxos de material são conectados ao produto final, em diversas fases de produção (KOSKELA, 1999). Enquanto que em um edifício, não é possível construir uma laje se a estrutura (pilares e vigas) do pavimento imediatamente abaixo não está completa, na montagem de um carro, é possível colocar os retrovisores do veículo ao mesmo tempo em que se monta a direção, por exemplo. Portanto, na construção civil, as tarefas e os fluxos devem ser considerados paralelamente na gestão da produção: a realização de tarefas depende muito dos fluxos, e o progresso dos fluxos, por sua vez, depende na realização de tarefas (KOSKELA, 1999).

Segundo Carrillo et al. (2004), a entrega de um empreendimento de construção envolve diferentes estágios, o que requer a formação de uma organização temporária e multidisciplinar entre diversos colaboradores, como arquitetos, engenheiros, consultores e empreiteiros. Além disso, a natureza provisória dos canteiros de obra e o uso de equipamentos não estacionários faz com que a construção dependa diretamente do gerenciamento das informações e do fluxo dos recursos (ALARCÓN, 1997). Assim, segundo Alarcón (1997), a produtividade alcançada depende de um esforço continuado de organização, planejamento, alocação e controle desses recursos.

Uma forma de estruturar o processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP) na indústria da construção civil, criada em meados de 1990 por Glenn Ballard e Gregory Howell, é o sistema last planner. Neste sistema, o PCP normalmente é dividido em três níveis: planejamento de longo prazo, planejamento de médio prazo e planejamento de curto prazo. No primeiro nível, define-se o sequenciamento, a duração e o ritmo das grandes etapas da obra (BALLARD e HOWELL, 1998).

O 2º nível – planejamento de médio prazo – proporciona a ligação entre as decisões estratégicas tomadas no longo prazo, com a definição de ações no nível operacional. Neste nível de planejamento, o engenheiro da obra deve liberar previamente ordens de produção, montagem ou compra, para assegurar que todos os recursos necessários para a execução de

um serviço existente no plano de longo prazo estejam disponíveis nos momentos certos, identificando as restrições e removendo-as. Por meio desse controle, se busca reduzir a variabilidade no trabalho à montante do fluxo, evitando que a mesma se propague para as atividades de produção à jusante do fluxo. Assim, se busca evitar que as atividades sejam interrompidas ou realizadas em condições inadequadas, proporcionando um aumento de produtividade e, assim, uma melhoria no desempenho do empreendimento, pela redução de custos e de prazos (BALLARD e HOWELL, 1998).

O 3º nível - planejamento de curto prazo - tem como papel principal atribuir pacotes de trabalho às equipes e gerenciar os compromissos com as mesmas, em relação ao que vai ser feito, após a avaliação do que pode e do que deve ser feito, baseados nos recursos disponíveis e no cumprimento de pré-requisitos. (BALLARD e HOWELL, 1998). O PPC é um indicador que mede a eficácia do planejamento e do grau de precisão da programação de curto prazo. Ele é calculado como o quociente entre a quantidade de tarefas cumpridas na semana ou quinzena e a quantidade total de tarefas programadas para esse período. Dessa forma, o planejamento de curto prazo é ideal para identificar as causas pelas quais as tarefas da semana se atrasaram ou não se iniciaram conforme planejado. De acordo com Soares et al. (2002), o PPC é a melhor ferramenta para monitorar o progresso do planejamento de curto prazo, e da obra como um todo (MATTOS, 2010).

A chamada proteção da produção (*shielding production*), de acordo com Ballard e Howell (1998), se dá no planejamento de médio prazo, no momento da elaboração dos planos semanais de produção, ao se garantir que apenas sejam incluídas tarefas que tenham todas as seguintes restrições removidas: (i) a disponibilidade de recursos (materiais, mão-de-obra, equipamentos, projeto, entre outros); e (ii) a conclusão das atividades antecedentes. Como resultado, esse mecanismo permite obter a estabilidade básica em relação aos recursos e um aumento na confiabilidade do sistema de produção, apontada como um requisito essencial para a implantação do SPP (SOARES et al., 2002).

Por meio do sistema last planner, é introduzido um conceito adaptado de SPP: é aquele que libera materiais ou informações no sistema de produção com base no estado do mesmo, observado por meio da quantidade de trabalho em progresso e qualidade de tarefas disponíveis. Essa forma de planejar contrasta com a visão de produção empurrada, adotada em sistemas de planejamento baseados na técnica do *Critical Path Method* (rede CPM). A rede CPM é uma técnica na qual os planos de longo prazo, apesar de serem bastante detalhados, constituem-se nos únicos planos formalizados (SOARES et al., 2002).

2.4 O SISTEMA DE PRODUÇÃO PUXADA NO SERVIÇO DE SAÚDE

A produção no setor de serviços pode ser vista como uma série de etapas, do mesmo modo que a manufatura, com problemas de qualidade, fluxo e esperas (DUGUAY e CHETOUANE, 2007). Essencialmente, “puxar” em serviços de saúde significa prover o cuidado correto e no momento necessário para o paciente (INSTITUTE FOR HEALTHCARE IMPROVEMENT, 2003). A partir desta perspectiva, não há o gerenciamento de estoques, mas das filas, eliminando as esperas entre as etapas dos processos de atendimento (INSTITUTE FOR HEALTHCARE IMPROVEMENT, 2003).

Do ponto de vista do paciente, muitas vezes os processos de cuidado são uma experiência de descontinuidades do fluxo por conta de esperas. Uma vez que um paciente está dentro de um hospital, muitas vezes ele percorre longas distâncias de um setor ao outro, especialmente quando há necessidade de algum exame diagnóstico ou tratamento específico (CHIARINI, 2012).

Uma das causas para esta descontinuidade no fluxo está na maneira empurrada de organizar do fluxo hospitalar (PERSONA et al., 2008). Por exemplo: o número de salas cirúrgicas por semana para uma determinada especialidade é determinado com uma programação fixa para cada semana, antes mesmo de saber-se qual a demanda real de pacientes para aquele período. De forma “puxada”, a capacidade das salas cirúrgicas deveria servir como um instrumento de planejamento, de modo que não mais fosse dividida por especialidades, mas pela demanda real individual (LITVAK, 2010).

Existem duas razões principais pelas quais “empurrar” em serviços de saúde é, em parte, inevitável. O primeiro pressuposto é a incerteza sobre o fluxo de valor: quando um carro é produzido sob encomenda, a fábrica sabe exatamente as especificações antes de montar o carro e todas as etapas necessárias para construí-lo. Nos processos de cuidado, os próximos passos são frequentemente determinados durante o processo, por exemplo: somente após o diagnóstico, o tratamento pode ser determinado. E, muitas vezes, os passos mudam durante o processo devido a complicações ou porque o paciente muda de ideia. A segunda causa é a variabilidade natural nos processos de cuidado: a instalação de uma maçaneta da porta pode ser repetida a cada vez, com o mesmo tempo de ciclo. Por outro lado, a mesma operação levará mais tempo com esse paciente do que com o outro porque são duas pessoas fisiologicamente diferentes (LITVAK, 2010).

Por causa de ambos os fatores, um hospital pode não conseguir criar um nivelamento completo da carga de trabalho. Para organizar completamente os processos de cuidado de forma puxada, “puxar” altos níveis de excesso de capacidade são necessários (GRABAN, 2011). Ainda segundo Graban (2011) este é o motivo pelo qual nem sempre é possível implantar um sistema completamente puxado, sem “empurrar” outros fluxos. No entanto, o autor destaca que o SPP é sempre preferível, pois os sistemas empurrados podem acarretar em fortes tensões entre departamentos (por exemplo, qual departamento fica com quanta capacidade) além da contestação pela grande quantidade de esperas, o que estimulam as pessoas a cuidar de seus próprios interesses, mesmo à custa do interesse comum.

A resposta para melhorar o fluxo de pacientes está no redesenho dos processos gerais de trabalho em todo o sistema que criam os problemas de fluxo. O cuidado ideal só pode ser prestado quando o paciente certo está no lugar certo, com as informações corretas no momento certo. Esforços de melhoria nos sistemas de saúde estão mostrando que é possível reduzir as esperas e atrasos nos cuidados hospitalares, melhorando o fluxo de pacientes e de informações em todo o sistema de cuidados. Os resultados da melhoria do fluxo podem incluir maior acesso, menores tempos de espera, menores custos e melhor atendimento ao cliente (INSTITUTE FOR HEALTHCARE IMPROVEMENT, 2003).

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O CAPÍTULO

Nesta etapa do trabalho, buscou-se trazer uma bibliografia resumida sobre os assuntos que serviriam como auxílio na etapa de resultados. A primeira consideração que será levada adiante é em relação ao conceito de SPP. Foi visto que, a partir da disseminação do lean, vários conceitos de SPP foram expressos por diversos autores. Spearman e Zananis (1992) e Hopp e Spearman (2000) definiram um conceito mais amplo, que foi utilizado como base para a criação do método proposto neste trabalho: sistema no qual as liberações de trabalho são feitas baseadas no *status* do sistema, ou seja, no *status* do WIP do sistema.

Outra consideração pertinente que será pertinente para os próximos capítulos, é a identificação de fatores contextuais para a construção civil e para o serviço de saúde, relacionados ao funcionamento do SPP nestes setores. Para o serviço de saúde, o SPP possui uma forte relação com a redução das esperas ou filas no sistema, buscando prover o

cuidado correto e no momento necessário para o paciente. Algumas particularidades que podem ser percebidas são: (i) existe dificuldade em prever o fluxo do paciente porta a porta, devido às variabilidades inesperadas; (ii) a estabilidade do paciente é fundamental para que ele percorra os processos ao longo do fluxo de valor; e (iii) a departamentalização funcional em hospitais pode ser prejudicial para o SPP.

Em relação à construção civil, foi visto que é possível pensar nela como uma grande montagem, onde diferentes fluxos de material são conectados ao produto final, em diversas fases de produção. Também foi visto que, um conceito adaptado de SPP é: aquele que libera materiais ou informações no sistema de produção com base no estado do mesmo, observado por meio da quantidade de trabalho em progresso e qualidade de tarefas disponíveis. Algumas particularidades que podem ser percebidas na construção civil são: (i) a produção requer a formação de uma organização temporária e multidisciplinar entre diversos colaboradores, como arquitetos, engenheiros, consultores e empreiteiros; e (ii) uma forma de operacionalizar o SPP na construção civil é por meio do sistema last planner, dividido em três níveis: planejamento de longo prazo, planejamento de médio prazo e planejamento de curto prazo.

3. MÉTODO

3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A lógica tradicional de pesquisa científica enfatiza o entendimento do funcionamento dos fenômenos estudados, o que é fundamental para o desenvolvimento da ciência (DRESH et al., 2015). Contudo, no universo de pesquisa em gestão também é importante identificar maneiras de melhorar o desempenho dos sistemas organizacionais. Assim, a abordagem tradicional não é suficiente para atingir os objetivos desse tipo de pesquisa, a qual é necessária em áreas como administração, engenharia, design, arquitetura, medicina, dentre outras (SIMON, 1996). Dessa maneira, é necessária uma abordagem que tenha como norte o desenvolvimento de artefatos que permitam intervir no sistema estudado, criando e gerando soluções para os problemas existentes. Uma alternativa é a Design Science Research (DSR), a qual tem o objetivo de desenvolver conhecimento para resolução de problemas por meio da construção de artefatos ou aprimoramento de artefatos existentes, e ao mesmo tempo gerando conhecimento teórico (VanAKEN, 2004; HOLMSTRÖM et al., 2009).

Assim, a DSR possui como característica a natureza prescritiva da pesquisa, ou seja, a ênfase em responder perguntas do tipo "como", ao invés perguntas do tipo "que" que são focadas na descrição de determinado fenômeno. Assim, ao desenvolver uma DSR, o pesquisador está preocupado em entender o problema, mas seu principal foco está em como aprimorar a prática (HOLMSTRÖM et al., 2009). Ainda segundo Holmström et al. (2009), a resolução de problemas na DSR necessariamente implica em desenvolver um artefato.

Na perspectiva da engenharia, o principal produto de pesquisa da DSR, o artefato, pode ser entendido como um projeto genérico ("*generic design*") (VAN AKEN et al., 2016). O *generic design* deve ser bem compreendido, bem documentado e validado, o suficiente para permitir que os profissionais o utilizem como modelo para aplicá-lo em diversos contextos. O *generic design* pode assumir uma variedade de formas, como construtos, modelos, métodos e implementações/instanciações (VAN AKEN et al., 2016). Para March e Smith (1995), o constructo apresenta conhecimento e linguagem específica para descrever um problema e especificar soluções. O modelo, por sua vez, é um conjunto

de proposições ou colocações que demonstram a inter-relação entre construtos. Método é um conjunto de passos usado para desempenhar uma atividade. Por fim, a instanciação é a implementação de um artefato em seu ambiente; ela operacionaliza os construtos, modelos ou métodos (MARCH e SMITH, 1995). Alguns exemplos de projetos genéricos para a engenharia são: a criação de um sistema de agendamento para contabilizar variações de demanda, uma abordagem para gerenciar conflitos de energia em uma cadeia de suprimentos ou um modelo para atendimento hospitalar centrado no paciente (VAN AKEN et al., 2016).

Van Aken et al., (2016) ressaltam que o *generic design* deve disponibilizar informações sobre onde e como ele deve ser usado em prática, para que o aplicador sintase seguro ao utilizá-lo em diferentes cenários. Dessa forma, o artefato proposto neste trabalho também pode ser considerado um *generic design* já que constitui um método para avaliação de sistemas de produção puxada com etapas generalizáveis para diversos contextos, como manufatura, serviços e construção civil.

Holmström et al. (2009) apresentam quatro fases da Design Science Research: (i) incubação da solução/solução incubada: consiste em construir o entendimento sobre o problema e refletir sobre possíveis soluções; (ii) refinamento da solução: análise aprofundada sobre as possíveis soluções, calcada na interação com o meio em que se está desenvolvendo o estudo; (iii) explicação I – teoria substantiva: fase em que a relevância teórica da solução é evidenciada, considerando que a mesma é contexto-dependente; (iv) explicação II – teoria formal: propor uma teoria cuja aplicação não está limitada ao contexto do estudo. Os autores ainda defendem que a indústria está focada nas fases 1 e 2, enquanto as pesquisas acadêmicas nas fases 3 e 4, mas que unidas teriam maior benefício.

Já Vaishnavi e Kuechler (2007) apresentam as seguintes etapas para o desenvolvimento de uma DSR, que se aproximam com as etapas desenvolvidas nesta pesquisa: (i) identificação e entendimento do problema, resultando em uma questão de pesquisa; (ii) criação e reflexão sobre possíveis soluções; (iii) desenvolvimento, etapa em que os resultados (artefatos) da etapa anterior são desenvolvidos; (iv) avaliação, momento em que avaliam os resultados, inclusive os não previstos, podendo gerar informações adicionais e realimentar etapas anteriores; (v) conclusão.

Vale ressaltar que, nesta pesquisa, a compreensão do problema prevista por Vaishnavi e Kuechler (2007) na etapa (i) “identificação e entendimento do problema” prosseguiu também nas demais etapas do estudo. Por exemplo, a compreensão do

problema perdurou durante a fase da construção do método, bem como na implementação do mesmo, exigindo um esforço de entendimento do funcionamento do sistema puxado sob diferentes contextos. De acordo com Holmström et al. (2009), a existência de um processo de desenvolvimento e refinamento de soluções é uma característica marcante da DSR (HOLMSTRÖM et al., 2009). De fato, o MASPP foi construído de forma iterativa, pois sua aplicação serviu como um processo de realimentação do mesmo, gerando informações adicionais para refinar o método.

Por fim, este trabalho tem objetivos alinhados com a Design Science Research. De um lado, busca-se contribuir para resolver o problema prático de como avaliar o desempenho de sistemas puxados de produção, de forma a entender a situação atual e possibilitar a reflexão das organizações para o desenvolvimento de ações futuras, como melhorias no fluxo de informações e processos. De outro lado, há o objetivo de desenvolver conhecimento teórico, em termos de propor um conjunto generalizável de etapas que guiem a avaliação de sistemas puxados de produção, por meio do *generic design*.

3.2 DELINEAMENTO DAS ETAPAS DE PESQUISA

Seguindo os fundamentos da Design Science Research (DSR), a pesquisa foi dividida em 3 principais etapas: (1) Concepção; (2) Implementação; e (3) Avaliação final. A figura 1 mostra as etapa de pesquisa, bem como resumidamente os objetivos de cada uma.

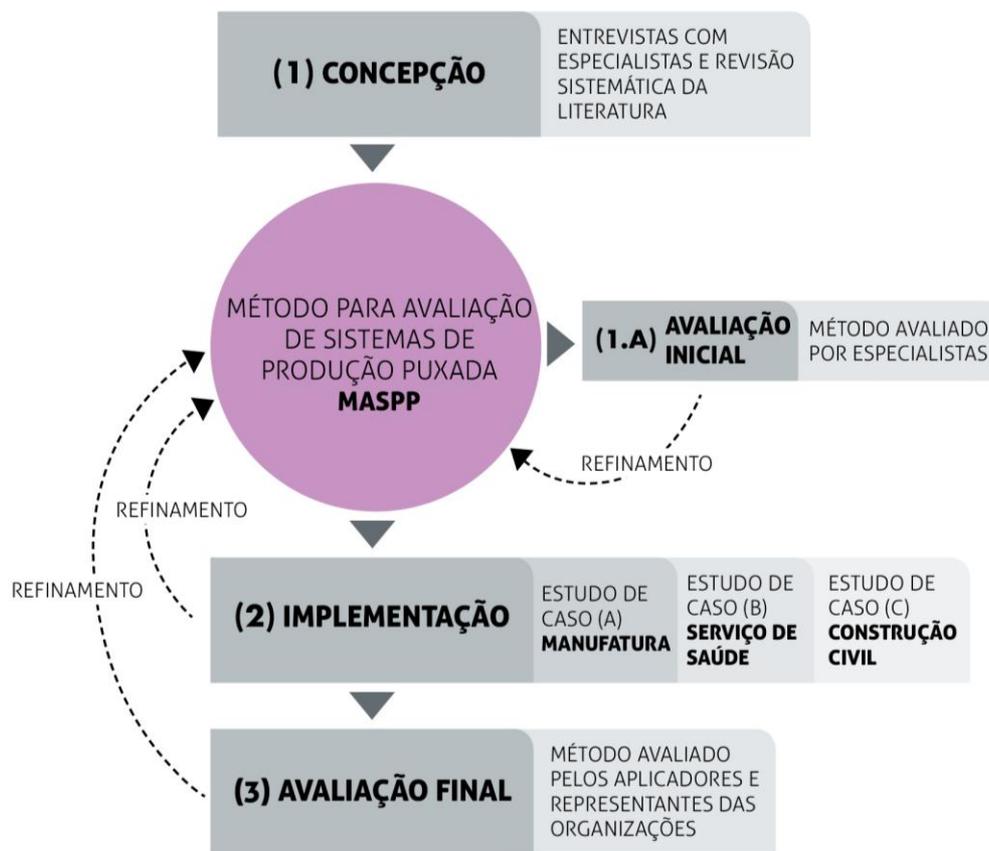


Figura 1 - Etapas de pesquisa

A etapa (1) Concepção, teve como objetivo o entendimento do problema e o desenvolvimento do método para avaliação de sistemas de produção puxada (MASPP). Van Aken et al. (2016) destaca que a fase de concepção do artefato não é uma etapa mecânica, mas sim um processo essencialmente criativo. Portanto, nesta etapa o entendimento sobre sistemas de produção puxada teve que ser elaborado, visando uma compreensão aprofundada do problema. Para tal fim, foram utilizadas entrevistas semiestruturadas com especialistas em lean e uma revisão sistemática da literatura (RSL). As entrevistas permitiram explorar, em profundidade, as percepções, conhecimento e experiência dos entrevistados, seguindo um roteiro semiestruturado, que contemplou 25 questões envolvendo quatro categorias de análise definidas inicialmente: (i) conceito de sistema puxado; (ii) estabilidade; (iii) projeto do sistema; e (iv) controle do sistema. Já a RSL teve como objetivo aprofundar o conhecimento sobre os atributos de sistemas puxados, tais como pré-requisitos de implantação, atributos de projeto e layout e controle do sistema para a implantação e sustentação.

Após a etapa (1) Concepção, o método foi avaliado na etapa (1.a) Avaliação inicial, como pode ser observado na figura 1. A avaliação consistiu no envio por *e-mail* da versão inicial do método a oito especialistas entrevistados na etapa anterior, solicitando que os mesmos o avaliassem e apresentassem sugestões de melhorias. Quatro especialistas retornaram o e-mail com a avaliação inicial, gerando ao todo 37 considerações, que contribuíram para o refinamento do método.

A etapa (2) Implementação, teve como objetivo avaliar na prática o uso de sistemas de produção puxada, explorando as particularidades de 3 setores distintos: (i) manufatura; (ii) serviços de saúde; e (iii) construção civil. Por meio destes 3 estudos de caso, foi possível avaliar na prática as informações que podem ser usadas para melhorar a performance das organizações, bem como identificar a diferença entre o funcionamento real e o planejado.

Além disso, a aplicação do MASPP também serviu como um processo de realimentação do mesmo, como pode ser observado na figura 1. Por exemplo, após a aplicação do método, surgiu a necessidade da elaboração de um terceiro módulo, “Feedback e discussão dos resultados com representantes da organização”, que não tinha sido posto anteriormente no MASPP. Além disso, houve o acréscimo de 2 atributos, já que os que existiam precisavam ser reescritos de forma generalizável para múltiplos setores: os atributos “Existência de um Plano Para Cada Cliente (PPCC)” e “O cliente possui estabilidade ao longo do fluxo de valor”.

Por fim, na etapa (3) a versão final do método foi avaliada, segundo dois critérios: usabilidade e utilidade. Usabilidade é um termo usado para definir a facilidade com que as pessoas podem empregar uma ferramenta ou objeto a fim de realizar uma tarefa específica e importante (NIELSEN, 1993; ROGERS et al., 2011). Já a utilidade, que também determina a qualidade de uso, está relacionada com a aplicabilidade do artefato (FISCHER, 1998).

3.3 O MASPP

Algumas premissas foram utilizadas para a criação do método para avaliação de sistemas de produção puxada (MASPP): (i) o MASPP avalia o grau de cumprimento de atributos, sendo uma medida de eficiência; (ii) a lógica do PDCA (Plan, Do, Check, Act) está presente no MASPP. O PDCA é um meio para operacionalizar o controle de

processos, visando a melhoria contínua, que é um dos princípios lean (WOMACK e JONES, 1997); (iii) os sistemas puxados têm natureza sócio-técnica, possuindo componentes técnicos e sociais, sendo que para este último, é fundamental a análise dos mecanismos (sociais) que produzem o desempenho do sistema (VAN AKEN et al., 2016); (iv) há influência do contexto sobre o sistema puxado, o que pode levar a variações nas formas de implantação e diferentes graus de maturidade; (v) há possibilidade de generalização dos atributos para os três setores enfatizados nessa pesquisa; (vi) há a possibilidade do uso de múltiplas fontes de evidências na avaliação, sendo as mais frequentes análise de documentos, observações e entrevistas; e (vii) assume-se que todos os atributos possuem o mesmo grau de importância, quando do cálculo dos escores.

O MASSP possui três grandes módulos: (i) Caracterização do contexto; (ii) Avaliação do nível de aderência aos atributos avaliados; (iii) Feedback e discussão dos resultados com representantes da organização. Esses módulos são operacionalizados com apoio de três formulários (Apêndices A, B e C), associados a cada módulo.

Inicialmente, é necessário que o(s) aplicador(es) escolha(m) o sistema-alvo. Essa é uma decisão conjunta do(s) aplicador(es) (responsáveis pelo preenchimento do MASSP) e do(s) representante(s) da organização, levando em conta as oportunidades de melhorias e as necessidades da organização.

O módulo (i) Caracterização do contexto, tem como objetivo a coleta de informações sobre o sistema-alvo, para auxiliar a compreensão do mesmo. Para guiar a coleta de informações, o módulo (i) (apêndice A) sugere alguns campos a serem preenchidos, como qual a natureza do fluxo analisado (ex. família de produtos X, serviço X), quais são as etapas/processos, número de funcionários, etc. Informações adicionais como perfil da demanda em termos de mix, volume e frequência, e outros fluxos de valor que possuem recursos compartilhados, se houver, também podem ser registradas. Nesse módulo, também pode iniciar o registro fotográfico de situações de interesse, como a localização dos estoques ou superprodução.

Ainda, o módulo (i) traz a etapa de mapeamento do fluxo analisado e do croqui do layout, que servem de apoio para a compreensão visual do sistema-alvo. Existem diversas formas de representar fluxos, dentre elas: o Mapa de Fluxo de Valor (MFV) utilizado especialmente para fluxo de materiais e informações; Diagrama de Raias, especialmente para fluxos de informação; e Diagrama de Spaghetti para representação de movimentações.

As informações necessárias para o módulo (i) podem ser obtidas por observação e junto a um único funcionário da empresa, tais como, o supervisor de produção ou o chefe de setor. Como requisito básico, essa pessoa deve ter conhecimento sobre os produtos/serviços e as etapas presentes no fluxo de valor estudado.

Já o módulo (ii) Avaliação do nível de aderência aos atributos avaliados, trata da avaliação da aderência do sistema-alvo aos atributos de sistemas puxados (Apêndice B). Nesse módulo, para cada atributo numerado no check list, há a busca da existência do mesmo nas fontes de evidência sugeridas. As fontes mais frequentes de evidência são sugeridas no MASPP, como as observações diretas, análise de documentos (como indicadores, formulários, procedimentos padrão) e entrevistas. Para as entrevistas, como requisito básico o entrevistado deve ter conhecimento sobre as etapas presentes no fluxo de valor estudado.

Os atributos podem ser avaliados segundo três alternativas: (A) quando o atributo é aplicado pela organização; (NA) não aplicado pela organização; (PA) parcialmente aplicado; ou (NSA) o atributo não se aplica ao sistema-alvo. Na última coluna à direita, pode-se descrever observações pertinentes do sistema-alvo sobre cada atributo. Deve-se assinalar “A” somente quando o atributo for totalmente atendido em todas as etapas do fluxo. Caso uma ou mais etapas forem parcialmente aplicadas ou não aplicadas, deve-se assinalar “PA”.

A avaliação de cada atributo pode ser transformada em um escore final. Portanto, ainda no módulo (ii) sugere-se que se atribua uma nota para a eficiência do sistema, após o preenchimento do check list. Atributos sinalizados como *não aplicado* pontuam 0, como *parcialmente aplicado* pontuam 0,5, e como *aplicado*, pontuam 1. Na tabela 2 é apresentado um exemplo de preenchimento do quadro de escore final.

Tabela 2 - Exemplo de preenchimento do quadro de escore final

Categoria	Pontuação Final	Pontuação Máxima	Percentual
Estabilidade	2	5	40%
Projeto do Sistema	8	14	57,1%
Controle do Sistema	3	4	75%
Escore Final	13	23	56,5%

Para o preenchimento da tabela, a coluna pontuação final deve apresentar o somatório dos atributos de cada categoria. Assim cada categoria terá uma pontuação final. Já a pontuação máxima deve apresentar o valor máximo que pode ser obtido, descontado os casos em que aqueles atributos *não se aplicam* no contexto analisado. Por exemplo, a categoria “Estabilidade” apresenta o atributo “O cliente possui estabilidade ao longo do fluxo de valor”. Este atributo se aplica em um hospital (setor serviços) e, neste caso, a pontuação máxima para a categoria Estabilidade seria 6, enquanto em uma empresa de confecção de calçados (setor manufatura), a pontuação máxima para esta categoria seria 5. A coluna percentual apresenta o percentual atendido naquela categoria e deve ser calculada considerando pontuação máxima e pontuação final.

Para nortear a priorização das oportunidades de melhoria, considera-se como críticas as categorias que apresentaram entre 0-50%, moderada entre 51-70% e satisfatória entre 71-100%. Sugere-se priorizar ações de melhoria nas categorias críticas, seguido pelas moderadas e então pelas ótimas. A tabela também permite calcular o score total da auditoria. O cálculo e interpretação segue a mesma lógica do cálculo das categorias, sendo que o *score* final será o somatório dos scores de todas as categorias.

Por último, o módulo (iii) Feedback e discussão dos resultados com representantes da organização (Apêndice C) traz a necessidade de validar os resultados obtidos na aplicação do MASPP. Sugere-se que esta discussão seja feita por meio de uma reunião com representante(s) da organização. A reunião possui os seguintes objetivos: (i) a validação e apresentação dos resultados; e (ii) a discussão das oportunidades de melhorias. Essa reunião, coordenada pelo aplicador do método, pode contar com a presença de todas as pessoas envolvidas, incluindo pelo menos, um representante da organização e/ou o gerente do fluxo de valor. Durante a reunião, o aplicador deve questionar o(s) participante(s) sobre a veracidade dos dados coletados, incluindo o mapeamento e a representação do layout, e verificando se ele(s) concorda(m) ou não com os resultados acerca de cada um dos atributos. Isso é particularmente importante, uma vez que a avaliação é baseada predominantemente em fontes de evidência qualitativas.

Vale ressaltar que é necessário que o aplicador tenha conhecimento sobre o lean, incluindo a realização de mapeamento do fluxo e o conhecimento dos atributos apresentados no check list.

3.4 ESCOLHA DOS CASOS

O estudo empírico foi realizado em 3 setores distintos: uma empresa fabricante de balanças rodoviárias, um hospital público e universitário e um empreendimento imobiliário em construção.

Para o **Estudo de caso (A) – manufatura**, a empresa fabricante de balanças foi escolhida em função do pequeno porte e da sua experiência com o lean. A empresa é operante há 35 anos, possuindo 8 anos de experiência com o lean, e é uma das principais empresas na região sul na sua área de atuação. O setor de produção possui 25 funcionários e produz 2 tipos de balanças rodoviárias: balanças metálicas e de concreto. A figura 2 mostra o exemplo de uma balança metálica produzida pela empresa.

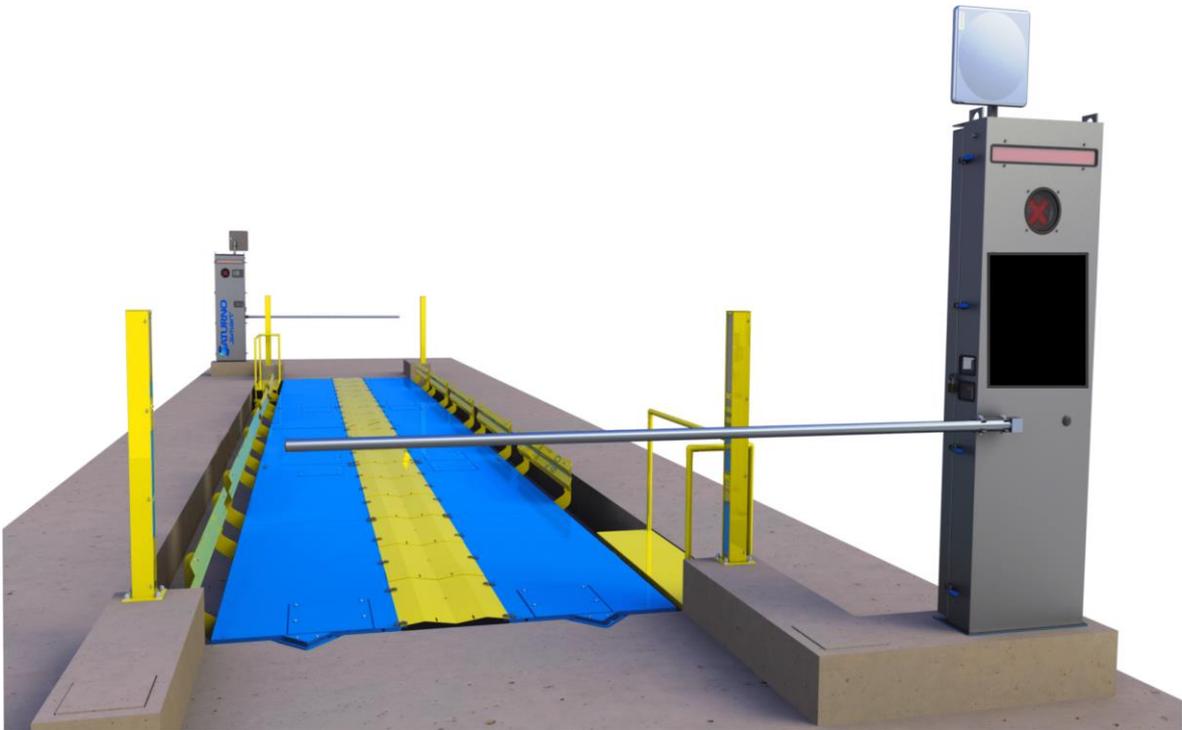


Figura 2 - Balança metálica

O estudo focou em apenas uma família de produtos, a família de balanças metálicas, que por sua vez possui 3 fluxos de componentes, os quais foram os objetos do estudo: fluxo dos módulos metálicos, representado pelos componentes em azul na figura 2; dos componentes mecânicos, representados pelos componentes em amarelo; e dos componentes eletrônicos, representados pelas 2 torres de comando da pesagem.

Para o **Estudo de caso (B) – serviço de saúde**, um hospital público e universitário que possui 40 unidades assistenciais e um quadro de pessoal com mais de 6.000 funcionários foi escolhido. O estudo foi realizado em uma Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) do hospital, e focado na análise do fluxo de transportes de pacientes críticos até a Unidade de Radiologia (UR). A UTI possui 33 leitos disponibilizados. O quadro de pessoal na unidade é composto por 184 profissionais da enfermagem, sendo 49 enfermeiros e 135 técnicos de enfermagem. Já na UR, há 5 salas de exames, sendo 3 delas com tomógrafos e 2 com ressonâncias magnéticas.

As principais razões para selecionar o fluxo de pacientes críticos da UTI até a UR como sistema alvo foram: (i) o hospital possui uma UTI de referência na região; (ii) o fluxo analisado já foi objeto de estudo em trabalhos anteriores (HEMESATH, 2015); e (iii) a instituição tem interesse neste fluxo específico. É importante destacar que demais trabalhos em parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) foram realizados neste hospital. Além disso, um projeto de pesquisa intitulado “Desenvolvimento de Novos Métodos para Gestão de Operações em Sistemas de Saúde” está em andamento neste hospital, e a pesquisadora é integrante ativa do mesmo.

Para o **Estudo de caso (C) – construção civil**, foi escolhido um empreendimento em construção na região, pertencente a uma construtora e incorporadora de grande porte. A empresa atua nacionalmente com uma engenharia de alto padrão no ramo da construção civil. O fluxo escolhido foi o de elevação da alvenaria, e neste fluxo trabalham duas empreiteiras, com uma equipe de cerca de 7 funcionários cada.

As principais razões para a escolha do fluxo de elevação da alvenaria como sistema alvo foram: (i) a existência de processos repetitivos (a elevação da alvenaria repete-se de pavimento a pavimento, portanto pôde ser observada durante algumas semanas); e (ii) o fluxo é fácil de ser observado (não necessitando de equipamentos de proteção individual mais complexos, como por exemplo, linha de vida). Além disso, demais estudos em parceria com a UFRGS foram realizados anteriormente, o que facilitou o contato da pesquisadora com o representante da empresa.

3.5 COLETA DE DADOS

A tabela 3 a seguir mostra as fontes de evidência utilizadas para a coleta de dados nas 3 etapas principais definidas para a pesquisa: (1) Concepção; (2) Implementação; e (3) Avaliação final.

Tabela 3 - Fontes de evidência utilizadas na coleta de dados

FONTES DE EVIDÊNCIA	(1) CONCEPÇÃO	(2) IMPLEMENTAÇÃO			(3) AVALIAÇÃO FINAL
		CASO (A)	CASO (B)	CASO (C)	
Observações diretas		14 horas	27 horas	12 horas	
Entrevistas semiestruturadas	13 entrevistas (total de 12 horas)	3 entrevistas (total de 2,5 horas)	9 entrevistas (total de 4,5 horas)	6 entrevistas (total de 2 horas)	
Entrevistas CDM			5 entrevistas (total de 7 horas)		
Análise de documentos		POP, PF, PE (total de 3 docs)	POP, I, PE (total de 6 docs)	POP, I, PF (total de 9 docs)	
Revisão sistemática da literatura	86 artigos				
Reuniões para a discussão de resultados preliminares		3 reuniões (total de 5 horas)	9 reuniões (total de 23 horas)	2 reuniões (total de 1 hora)	
Reuniões para a avaliação do método					4 reuniões (total de 6 horas)

Legenda: POP = Procedimento Operacional Padrão; I = Indicador; PF = Planilha física; e PE = Planilha Eletrônica.

3.5.1 Coleta de dados na etapa (1) Concepção

Como explicitado anteriormente, a coleta de dados para a concepção do método envolveu entrevistas com especialistas em lean e uma revisão sistemática da literatura.

As **entrevistas com especialistas em lean** seguiram um roteiro semiestruturado, com 25 questões (ver Apêndice D). A tabela 4 mostra o perfil dos 13 especialistas entrevistados.

Tabela 4 - Perfil dos especialistas entrevistados

Especialistas em lean	Formação	Área de atuação	Tempo de experiência com lean
Especialista 1	Mestre em engenharia de produção	Serviços e manufatura	18 anos
Especialista 2	Phd em engenharia civil	Serviços e construção civil	22 anos
Especialista 3	Doutora em engenharia civil	Construção civil	8 anos
Especialista 4	Doutor em engenharia de produção	Construção civil e manufatura	23 anos
Especialista 5	Mestre em engenharia de produção	Serviços e manufatura	20 anos
Especialista 6	Doutor em engenharia de produção	Manufatura	38 anos
Especialista 7	Phd em engenharia de produção	Manufatura	16 anos
Especialista 8	Mestre em engenharia civil	Construção civil	19 anos
Entrevistado 9	Doutora em engenharia civil	Construção civil e manufatura	19 anos
Especialista 10	Phd em engenharia de produção	Serviços e manufatura	25 anos
Especialista 11	Doutor em engenharia de produção	Manufatura	27 anos
Especialista 12	Mestre em engenharia de produção	Manufatura	10 anos
Especialista 13	Doutor em engenharia de produção	Serviços e manufatura	5 anos

As entrevistas permitiram explorar em profundidade as percepções, conhecimento e experiência dos entrevistados. Aproximadamente 12 horas de gravações (autorizadas pelos participantes) e aproximadamente 60 horas de transcrição foram obtidas, totalizando 55.700 palavras transcritas. O critério de saturação foi utilizado, de modo que as entrevistas se encerraram depois da décima terceira, visto que os dados de diferentes entrevistados já estavam repetidamente semelhantes. A saturação é utilizada em pesquisas

qualitativas como um critério para descontinuar dados, e significa que nenhum dado adicional está sendo encontrado, justificando a paralização (GLASER e STRAUSS, 1967).

A **revisão sistemática da literatura** (RSL) também foi realizada na etapa (1) Concepção. Em relação à coleta e seleção dos artigos incluídos na RSL, foi feita com base no “*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analysis (PRISMA)*” (MOHER et al., 2009; LIBERATI et al.; 2009), englobando: a) identificação de artigos; b) triagem; c) seleção; e d) inclusão. O Protocolo PRISMA é um conjunto mínimo de itens baseados em evidências para revisões sistemáticas e meta-análises. O objetivo do PRISMA é ajudar os autores a melhorarem o relato de revisões sistemáticas e meta-análises. Tais aspectos também tendem a beneficiar os autores de revisões sistemáticas, fornecendo maior transparência ao atualizar revisões sistemáticas.

Na etapa de identificação dos artigos, cinco bases de pesquisa, as quais os autores tinham acesso pela instituição, foram utilizadas: Emerald Insight, Science Direct, IEEE Xplore, Springer Link e PubMed. A pesquisa dos artigos nestas bases compreendeu o período de 25/02/2018 até 28/02/2018, e, para cada base de pesquisa, os downloads foram feitos todos de uma só vez, no mesmo dia. As palavras-chave usadas nas buscas envolveram os termos “pull production”, “pull system”, “pull based strategy”, “kanban” e “CONWIP” no título, resumo e palavras-chave. Esta limitação foi necessária já que a busca por estas palavras no corpo do texto produzia mais de 20.000 resultados. Foram incluídos na busca todos os períodos de publicação e apenas artigos completos publicados em periódicos e disponíveis integralmente para download. Após coleta de dados e exclusão das duplicatas (104 registros), 1027 artigos foram mantidos para triagem.

Na etapa de triagem, cinco critérios de exclusão foram aplicados: i) artigos não-científicos (e.g. relatórios técnicos e artigos não relacionados a revistas) (16 registros); ii) artigos em outras línguas que não em inglês (5 registros); iii) materiais de conferências (104 registros); iv) capítulos de livros (5 registros); e v) conteúdos sem acesso completo (28 registros). Com base nestes critérios, 158 artigos foram excluídos e 869 mantidos ao final desta etapa.

Em seguida, os títulos, resumos e palavras-chave (e quando necessário, corpo do artigo) foram analisados aplicando dois critérios de exclusão e um de inclusão, respectivamente: i) foram excluídos artigos em que os termos “pull production”, “pull system”, “pull based strategy”, “kanban” e “CONWIP” não foram utilizados tendo o mesmo sentido da questão de pesquisa (ex. artigos em que o termo “pull system” faz

referência à induções eletromagnéticas, correntes eletromagnéticas e demais artigos que mesmo apresentando os termos da busca, não contemplavam o escopo do estudo) (603 registros); ii) foram excluídos artigos puramente analíticos, que traziam modelagens matemáticas para otimização de algoritmos e modelagem matemática de sistemas de produção envolvendo o uso de kanban e CONWIP, como tamanho de lote de produção e número de cartões kanban (189 registros). Este critério de exclusão foi necessário devido à grande quantidade de artigos que possuíam esta temática, dado que justificam uma revisão sistemática à parte; iv) foram incluídos artigos com variações do termo “kanban” e “CONWIP” (ex. E-kanban e HK-CONWIP) os quais se referiam a diferentes manifestações da ferramenta de operacionalização de sistemas puxados (7 registros). Após aplicados os dois critérios, 785 artigos foram excluídos e 84 mantidos nesta última etapa.

Cabe ressaltar que, além dos artigos provenientes das bases de dados consultadas, foram incluídos dois artigos (SPEARMAN e ZAZANIS, 1992) e (HOPP e SPEARMAN, 2004). Os 2 artigos, apesar de serem publicações vinculadas a congressos (critério de exclusão), foram incluídos devido à sua contribuição para as categorias de análise e reconhecimento no tema de pesquisa. Portanto, ao final da RSL, um total de 86 artigos foram coletados.

3.5.2 Coleta de dados na etapa (2) Implementação

A coleta de dados na etapa (2) Implementação, se deu por meio de entrevistas, observações, análise de documentos e reuniões, ao longo de 14 meses. Esta coleta de dados iniciou com a familiarização da pesquisadora com o ambiente investigado, possibilitando a compreensão dos processos, bem como o fluxo neles abrangido. Os estudos de caso foram parcialmente sequenciais, sendo o “Caso (A) – Maufatura” o primeiro, o “Caso (B) – Serviço de Saúde” o segundo e o terceiro o “Caso (C) – Construção civil”. Essa linearidade dos estudos de caso permitiu o aproveitamento do aprendizado de um estudo para outro.

As **entrevistas semiestruturadas** utilizadas na etapa (2) seguiram um roteiro que era definido sempre antes da ida ao campo. Conforme mostrado no quadro 2, foram realizadas 3 entrevistas no Estudo de Caso (A), 9 entrevistas no Estudo de Caso (B) e 6 entrevistas no Estudo de Caso (C). Os entrevistados eram os próprios funcionários: operários, gerente da planta, líderes, enfermeiros, técnicos, médicos, pedreiros, mestre de obra, engenheiros. Além de explorar as percepções e o conhecimento dos entrevistados,

muitas das dúvidas e questionamentos que emergiram das observações em campo também foram respondidas por meio destas entrevistas. Algumas entrevistas tiveram que ser feitas em um curto espaço de tempo (máximo de 10 minutos), e no próprio ambiente de análise, pois os funcionários não podiam parar suas atividades. Por exemplo, no Estudo de Caso (C), 4 das 6 entrevistas realizadas tiveram um tempo entre 5 a 10 minutos.

Já as 5 **entrevistas CDM** (*Critical Decision Method*) que também constitui um tipo de entrevista semiestruturada, foram utilizadas apenas no estudo de caso (B) – Serviço de saúde, conforme mostra o quadro 2. Devido ao contexto complexo e menos familiar, estas entrevistas serviram como ambientação da pesquisadora, além de explorar o funcionamento das atividades dentro do hospital, as percepções e o conhecimento dos entrevistados. Participaram das 5 entrevistas 1 enfermeira, 3 médicos e 1 psicóloga. As entrevistas começaram com o registro de informações sobre o perfil do entrevistado (por exemplo, idade, experiência), seguido do pedido de uma visão geral das tarefas do entrevistado e, em seguida, mudou-se para os quatro estágios de CDM, de acordo com Crandall et al. (2006): identificação de um evento desafiador vivido pelo entrevistado, o desenvolvimento de uma linha do tempo, o aprofundamento e hipóteses "e se". Como uma desvantagem, alguns dos entrevistados tiveram dificuldade de recordar eventos específicos do começo ao fim; nestes casos, o CDM foi abreviado e duas ou mais histórias curtas foram discutidas a fim de compensar as lacunas dos relatos. Crandall et al. (2006) menciona que isso pode acontecer quando as pessoas trabalham sob condições estressantes e lidam com altas cargas de trabalho.

As **observações** foram realizadas em momentos do dia e dias da semana variados, a fim de levar em conta a variabilidade do trabalho real. A pesquisadora utilizou um diário para registrar tanto os fatos observados quanto os *insights* de observações. Estas observações contribuíram para a aclimatação, a compreensão dos fluxos de trabalho, e como um meio para dar sentido a informações obtidas nas entrevistas.

A **análise de documentos** foi utilizada para identificar Procedimentos Operacionais Padrão (POP's), indicadores, formulários e planilhas de gerenciamento. A análise dos POP's permitiu explorar a distinção entre o trabalho idealizado (contido nos procedimentos escritos) e o trabalho real (realizado pelas equipes) (HOLLNAGEL, 2012). A identificação de indicadores serviu para a análise da efetividade da gestão, e também permitiu explorar a relação entre o planejado e o realizado, à medida em que foram observadas variações no

desempenho. Formulários e planilhas físicas e eletrônicas permitiram entender um pouco mais sobre o funcionamento do sistema.

As **reuniões de *feedback*** consistiram em apresentações de resultados preliminares ao gerente da planta (Caso A), chefia médica (Caso B) e engenheiro chefe (Caso C), como por exemplo o mapeamento do sistema alvo e alguns resultados parciais do check list. Essas reuniões foram úteis tanto para dar *feedback* aos profissionais quanto para a obtenção de *feedback* deles. Embora a obtenção de novos dados não fosse o foco das referidas reuniões, isso ocorreu de forma oportunista – por exemplo, no estudo de caso 1, os participantes comentaram sobre as dificuldades de engajamento com os fornecedores externos à empresa.

3.5.3 Coleta de dados na etapa (3) Avaliação final

A coleta de dados para a Avaliação final foi destinada às questões sobre usabilidade e utilidade do método. Ao todo foram obtidas 5 avaliações: a percepção de 2 usuários que aplicaram o método e a opinião de 3 potenciais usuários, que são representantes das 3 organizações em que o método foi implementado. A tabela 5 mostra em um esquema como foram feitas as 5 avaliações.

Tabela 5 - Reuniões para a Avaliação final

REUNIÕES	PARTICIPANTES	TEMPO TOTAL
1ª Reunião	Pesquisadora + 2 aplicadores	1 hora
2ª Reunião	Pesquisadora + 2 aplicadores + representante do Caso (A)	2 horas
3ª Reunião	Pesquisadora + 1 aplicador + 3 representantes do Caso (B)	3 horas
4ª Reunião	Pesquisadora + representante do Caso (C)	1,5 horas

As avaliações foram obtidas por meio de 4 reuniões, como mostra a tabela: a primeira, com 2 aplicadores (além da pesquisadora); a segunda reunião, com os 2 aplicadores (além da pesquisadora) e 1 representante do estudo de caso (A), que foi o gerente da planta; a terceira, com a pesquisadora e 3 representantes do estudo de caso (B), que foi a chefia de riscos do hospital, chefia de enfermagem da Unidade de Terapia Intensiva (UTI) e psicóloga da UTI; e a quarta reunião, com a pesquisadora e 1 representante do estudo de caso (C), o diretor de planejamento.

Vale ressaltar que as 3 reuniões para a Avaliação do método com os representantes das organizações coincidiram com a apresentação dos resultados finais aos mesmos. Dessa forma, as reuniões iniciaram com as apresentações da análise obtida pela aplicação do método, incluindo a apresentação dos escores e oportunidades de melhoria, e foram finalizadas com a avaliação final, onde foi obtida a opinião dos representantes acerca da usabilidade e utilidade do método.

3.6 ANÁLISE DE DADOS

3.6.1 Análise de dados na etapa (1) Concepção

Para a análise de dados na etapa (1) Concepção, quatro categorias foram definidas inicialmente, conforme mostra a tabela 6. Elas serviram como base norteadora tanto para a formulação das perguntas para as entrevistas semiestruturadas, como também para a análise dos artigos na revisão sistemática da literatura (RSL).

Tabela 6 - Categorias de análise para a Concepção do método

Categoria de Análise	Informações procuradas nas fontes de dados	Relevância para o desenvolvimento da ferramenta de avaliação de sistemas de produção puxada
Conceito de SPP	Descrição sobre o que é produção puxada	Identificação de perspectivas complementares sobre a produção puxada que sejam úteis para a operacionalização do conceito para diferentes contextos, como serviços e manufatura)
Estabilidade	Atributos como a disponibilidade de mão-de-obra, materiais, máquinas e método, necessárias para que as atividades não sofram com interrupções constantemente	A avaliação da estabilidade é importante visto que muitos estudos (OHNO, 1982; MONDEN, 1984; SIPPER e BULFIN, 1997; LIKER e MEIER, 2007; KAMADA, 2008; HOPP e SPEARMAN, 2011) apontam que os sistemas de produção puxada não são sustentados por falta de estabilidade no fluxo de valor. Em atividades que possuem estabilidade, todos os princípios lean conseguem ser sustentados ao longo do tempo
Projeto do Sistema	Atributos de projeto do SPP, como dimensionamento, layout do ambiente e da logística que viabilizam a implantação e sustentação do mesmo	A capacidade de administração dos estoques e da movimentação de materiais é essencial para a gestão de operações de uma organização. Portanto, a identificação de atributos de projeto do sistema é importante pois estes atributos são necessários para que o SPP possa ser implantado e sustentado
Controle do Sistema	Práticas, ferramentas e indicadores para controle do sistema puxado	Identificação de possíveis práticas de auditoria, indicadores e ferramentas que avaliem a eficácia e eficiência do SPP implantado

Ao analisar transcrições de entrevistas semiestruturadas e os artigos coletados na revisão sistemática da literatura, a pesquisadora procurou por trechos de dados textuais brutos que poderiam sustentar a identificação de informações relacionadas com as quatro categorias de análise de dados (tabela 6). Um trecho pode consistir em várias linhas de texto e estar associado a todas as categorias. Dessa forma, a identificação de informações relacionadas com as categorias de análise de dados a partir de trechos brutos foi bastante simples.

Ainda em relação à Concepção do método, trechos, (de diferentes fontes, especialistas lean e artigos) foram registrados em duas planilhas: uma para cada fonte de dados. Em seguida, a triangulação dos dados foi feita através da comparação de trechos de diferentes entrevistados e trechos dos artigos. Estes trechos deram origem às subcategorias e atributos do check list presente no módulo (ii) Avaliação do nível de aderência aos atributos avaliados do método. Por exemplo, se 1 ou mais trechos brutos de artigos e/ou 1 ou mais trechos brutos das entrevistas com especialistas citaram a importância do dimensionamento dos estoques para o gerenciamento da produção puxada, este foi considerado um atributo.

Diversas rodadas de leitura e análise dos dados foram realizadas, identificando trechos relevantes, extraindo exemplos a partir deles, e os agrupando de acordo com semelhanças, para chegar aos atributos apresentados no *check list*. A decisão de destacar trechos, em vez de palavras isoladas ou expressões, contribuiu para a compreensão global e a recuperação bem-sucedida do banco de dados no contexto em que foram obtidos os resultados. A figura 3 mostra em um esquema como foram obtidas as categorias, subcategorias e atributos do *check list*. Para exemplificar os níveis de hierarquia, um dos atributos utilizados no método é a “Existência de trabalho padronizado do abastecedor”, que pertence à subcategoria “Layout e logística de abastecimento”, que por sua vez pertence à categoria “Projeto do sistema”.

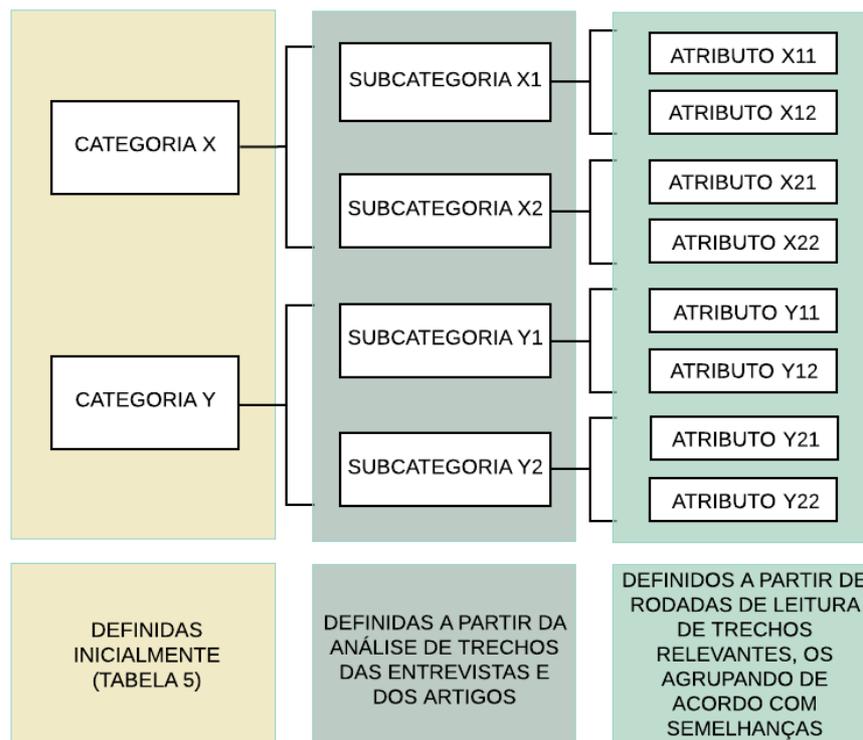


Figura 3 - Categorias, subcategorias e atributos do checklist

É importante ressaltar que a categoria “Conceito de SPP” (tabela 6) **não** é uma categoria apresentada no módulo (ii) do MASPP. Ela serviu como base para a criação de um entendimento único do conceito de sistemas puxados, reunindo diversas interpretações complementares a partir da análise das entrevistas com especialistas em lean e da RSL. Por exemplo, para alguns especialistas, um sistema puxado é aquele que é “puxado pela demanda”, outros interpretam como “puxado de acordo com o estado do sistema”, ou seja, as liberações de trabalho são feitas baseadas no *status* do sistema. À vista disso, foi importante entender o que cada especialista entendia como conceito de sistema puxado ao realizar as entrevistas.

3.6.2 Análise de dados na etapa (2) Implementação

Em relação à análise de dados na etapa (2), Implementação do método, ao analisar transcrições de entrevistas, diários de observações, notas de reuniões e documentos, a pesquisadora procurou por trechos de dados textuais brutos que poderiam sustentar a avaliação do nível de aderência aos atributos avaliados do método, bem como a identificação de *trade-offs* e de fatores contextuais específicos nos 3 setores analisados. A

grande maioria dos trechos originou-se a partir de diários de observações e de entrevistas semiestruturadas, o que está de acordo com estudos anteriores que apontam a riqueza de informações fornecidas por essas técnicas (AYRES, 2008).

3.6.3 Análise de dados na etapa (3) Avaliação final

Em relação a análise de dados para a Avaliação final, os critérios de utilidade e usabilidade do método foram avaliados por meio do julgamento individual, baseado nos estudos de Nielsen (1993) e Fischer (1998): (i) a percepção do usuário da ferramenta em questão (no caso, quem avaliou o sistema de produção puxada por meio do MASPP); e (ii) a opinião de potenciais usuários (no caso, os representantes das organizações estudadas).

Para a avaliação do método seguindo os critérios de aplicabilidade e usabilidade, foi necessário o apoio de 5 fontes de evidência. A tabela 7 mostra um roteiro com questões norteadoras para a avaliação do método, bem como as fontes de evidência relacionadas.

Tabela 7 - Questões norteadoras e fontes de evidência para os critérios de avaliação do MASPP

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	QUESTÕES NORTEADORAS PARA A AVALIAÇÃO	FONTES DE EVIDÊNCIA
Utilidade	O método contribui para a identificação de <i>trade offs</i> ?	Nº de <i>trade offs</i> identificados pelos aplicadores
	O método contribui para a identificação de oportunidades de melhoria?	Nº de oportunidades de melhoria identificadas pelos aplicadores
Usabilidade	A aplicação do método teve um tempo de duração aceitável/razoável?	Opinião dos aplicadores a respeito do tempo necessário para aplicar o método
	Qual a qualificação do aplicador do método?	O grau de conhecimento de lean do aplicador, que deve ser o suficiente para que possa mapear o fluxo, bem como compreender todos os atributos do <i>check list</i>
	Há a possibilidade de representantes das organizações de utilizar o método após a saída do pesquisador?	Opinião dos potenciais usuários/aplicadores a respeito da possibilidade de utilização do instrumento de auditoria

Foram obtidas ao todo a percepção de 2 usuários que aplicaram o método (além da pesquisadora) e a opinião de 3 potenciais usuários, que são representantes das 3 organizações em que o método foi implementado.

4. RESULTADOS

Os resultados estão divididos em 4 subcapítulos: (4.1) Os Atributos Utilizados no MASPP; (4.2) Estudo de Caso (A) – Manufatura; (4.3) Estudo de Caso (B); e (4.4) Estudo de Caso (C); e (4.5) Avaliação final do método. O subcapítulo 4.1 traz os resultados da etapa (1) Concepção, mostrando as categorias, subcategorias e os atributos obtidos, e que foram utilizados no módulo (ii) Avaliação do nível de aderência aos atributos avaliados do método. Já os subcapítulos 4.2, 4.3 e 4.4 trazem os resultados da etapa (2) Implementação, mostrando os 3 estudos de caso realizados. A avaliação final do método é mostrada após os subcapítulos (4.2), (4.3) e (4.4), mostrando a percepção da utilidade do MASPP por parte dos representantes de cada estudo de caso.

4.1 OS ATRIBUTOS UTILIZADOS NO MASPP

Conforme mostrado anteriormente no capítulo 3, a primeira etapa da pesquisa “(1) Concepção” originou os atributos utilizados no módulo (ii) do MASPP, a partir da análise de trechos brutos das 13 entrevistas com especialistas em lean e dos 86 artigos selecionados na revisão sistemática da literatura (RSL).

Ao todo, 23 atributos foram obtidos, divididos em 9 subcategorias e em 3 categorias. A tabela 8 mostra as categorias, subcategorias e atributos desenvolvidos no módulo (ii) do MASPP, relacionados a cada especialista e artigo. A identificação de cada artigo está apresentada por autor e ano (por exemplo, artigo 1 – Mendoza et al., 2018), e disponível no Apêndice E.

Tabela 8 - Categorias, subcategorias e atributos desenvolvidos

	Estabilidade dos 4 M's				
	Atributos	Práticas relacionadas	Artigos	Especialistas	
ESTABILIDADE	E1	O fluxo de valor possui estabilidade em relação ao método.	Existência de trabalho padronizado; Instruções de trabalho existentes (IT/POP) são seguidas pelos trabalhadores.	2, 6, 8, 9, 12, 13, 14, 16, 20, 21, 23, 29, 31, 35, 36, 41, 44, 48, 49, 53, 56, 58, 62, 66, 67, 70, 71, 72, 77, 79, 83 e 85	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13
	E2	O fluxo de valor possui estabilidade em relação à mão-de-obra.	Monitoramento de indicadores de absenteísmo e rotatividade; Participação dos funcionários em capacitações.	2, 9, 11, 12, 13, 15, 18, 19, 21, 23, 24, 29, 30, 36, 44, 51, 53, 56, 58, 66, 67, 71, 72, 79 e 80	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13
	E3	O fluxo de valor possui estabilidade em relação ao objeto de estudo (materiais, informações).	Disponibilidade do objeto de estudo no local e momento exato em que for necessário; Monitoramento de indicadores de falta de material, pedidos completos entregues no prazo (OTIF), consumo real x planejado, etc.	2, 6, 9, 12, 13, 21, 23, 29, 35, 36, 39, 44, 46, 47, 49, 53, 55, 57, 58, 60, 64, 67, 69, 72 e 79	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13
	E4	O fluxo de valor possui estabilidade em relação às máquinas.	Disponibilidade de máquinas em qualidade e quantidade suficiente para produzir de acordo com a demanda; Monitoramento do indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE); Práticas de Manutenção Produtiva Total (TPM).	1, 6, 9, 11, 12, 13, 20, 21, 23, 24, 29, 33, 35, 39, 41, 44, 49, 53, 57, 58, 66, 67, 71, 72, 79 e 85	1, 2, 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12 e 13
	Estabilidade dos clientes e fornecedores				
	E5	O cliente possui estabilidade ao longo do fluxo de valor.	Existência de condição/capacidade necesssária do cliente para percorrer os processos ao longo do fluxo de valor.	55, 58 e 85	
E6	Os fornecedores externos, caso façam parte do fluxo puxado, possuem frequência padronizada de entrega e são estáveis.	Existência de contratação/ acordo com fornecedores para frequência padronizada de entrega de materiais; Monitoramento dos pedidos (entregues no prazo, em atraso); Apoio e participação dos fornecedores na implantação de projetos de melhorias.	1, 9, 10, 11, 19, 20, 21, 24, 28, 32, 38, 41, 54, 57, 58, 62, 72, 78, 79, 83, 84 e 85	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 10 e 12	
PROJETO DO SISTEMA	Ferramentas				
	P1	Uso de ferramenta para análise do fluxo.	Uso do Mapa de Fluxo de Valor do estado atual e futuro (principalmente para a representação de fluxos de materiais e informações), uso do Diagrama de Raias (principalmente para a representação de fluxos de informações) e uso Diagrama de Spaghetti (principalmente para a representação de fluxos de pessoas).	44, 53, 54, 65, 66 e 71	1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 12 e 13
	P2	Presença de dispositivos de gestão visual para comunicação entre os processos.	Utilização de dispositivos visuais (<i>kanban</i>) e/ou sonoros (<i>andon</i>) e demais quadros com sinalizações que indiquem disparos ou paradas de produção, sem necessidade de comunicação verbal com operadores do processo precedente ou subsequente.	1, 2, 3, 5, 7, 12, 13, 15, 20, 24, 26, 27, 34, 35, 36, 37, 43, 44, 47, 48, 50, 52, 54, 58, 59, 61, 68, 70, 71, 72, 73, 76, 83 e 85	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13
	Liderança				
	P3	Existência de um gerente do fluxo de valor puxado.	Presença de líderes que dominem os conceitos e façam com que as pessoas se envolvam e sigam as regras de funcionamento do sistema.	1, 11, 16, 43, 44, 66, 71 e 80	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13
P4	Existência de rotinas de gerenciamento diário.	Reuniões diárias entre líderes, gestores e seus funcionarios, para o gerenciamento da rotina de trabalho.	1, 12, 16, 21, 70 e 71	2, 3, 4, 6, 8, 11, 12 e 13	
P5	Trabalhadores (nível operacional e gerencial), entendem como e porque o sistema funciona dessa forma.	Treinamentos periódicos, práticos ou teóricos, que corroborem e aprimorem o entendimento acerca do conceito e do funcionamento de sistemas puxados	2, 9, 11, 12, 16, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 28, 33, 42, 44, 53, 57, 58, 71, 79, 80 e 84	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13	

PROJETO DO SISTEMA	Dimensionamento			
	Atributos	Práticas relacionadas	Artigos	Especialistas
P6	É adotado um método para dimensionamento dos estoques e filas (matérias-primas, em processo, produto acabado).	Adoção de um método explícito para dimensionamento de estoques (podem assumir a forma de estoques controlados, supermercados, linha FIFO).	1, 11, 17, 44, 46, 69, 74, 81, 82, 83 e 85	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13
P7	Existem folgas (recursos reserva, que podem ser usados quando necessário) para lidar com a variabilidade da demanda e da disponibilidade de recursos.	Utilização de estoques de segurança controlados; Redundância de funcionários; Utilização de turnos de 8 horas e intervalo de 4 horas entre turnos.	2, 5, 16, 18, 21, 30, 44, 69, 70, 75 e 86	1, 2, 4, 5, 9, 13
P8	Existe uma frequência definida para revisão do dimensionamento de estoques.	Frequência de revisão estipulada (ex. revisão mensal, trimestral, anual).	5, 40, 44, 55 e 70	1, 2, 3, 5, 7, 10, 11, 12
Layout e logística de abastecimento				
P9	O estoque está disposto de forma a facilitar à logística interna e externa.	Implantação de estoques controlados dispostos de forma a reduzir distâncias de movimentação dos funcionários e do transporte de materiais.	11, 21, 36, 45, 58, 69 e 79	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13
P10	Existência de trabalho padronizado do abastecedor.	Rotina padronizada no abastecimento de materiais, considerando o tempo <i>takt</i> e rota padronizada, permitindo abastecer o posto de trabalho sem gerar paradas.	1, 54, 64, 78 e 81	1, 5, 10
P11	Presença de dispositivos padronizados para armazenamento e movimentação de materiais.	Utilização de caixas de armazenamento, carrinhos de transporte, bandejas, etc. padronizadas, de fácil identificação e acesso.	1, 35, 45, 46, 79 e 81	1, 2, 4, 8, 10
P12	Existência de Plano Para Cada Peça (PPCP).	Utilização de um PPCP, que contenha informações completas de peças e materiais, tais como: onde são armazenadas; como são embaladas; como/onde são entregues ao ponto de uso.	1 e 55	1, 10
P13	Existência de Plano Para Cada Cliente (PPCC).	Utilização de um plano de serviço para cada cliente ao longo do fluxo de valor (ex. plano de tratamento do paciente; plano de atendimento ao passageiro).	74 e 85	
Gestão da demanda externa				
C1	Análise, rastreamento e monitoramento da demanda externa.	Utilização de métodos de previsão e histórico de dados de demanda; Relações de parceria com clientes de modo a melhor adaptá-la à sua possibilidade produtiva; Atividades que influenciem a demanda, como promoções, propaganda, esforço de vendas, etc.	2, 5, 17, 30, 56, 58, 68, 73 e 81	1, 2, 4, 10 e 13
Indicadores				
C2	Presença de indicadores para monitorar a aderência ao sistema puxado.	Acompanhamento estoque (real x padronizado); Utilização de quadros (realizado x planejado); Monitoramento do giro de estoque e dos pedidos completos entregues no prazo.	1, 2, 3, 11, 13, 15, 22, 27, 33, 36, 44, 66, 73, 75, 79, 80 e 81	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13
Controle/acompanhamento interno				
C3	Prática de auditorias internas diárias com frequência padronizada (por exemplo, diária ou semanal).	Gemba walk; Kamishibay; Rounds clínicos.	4, 21, 63 e 65	6, 7, 9, 11, 12 e 13
C4	Os operadores e gerentes respeitam o limite máximo padronizado para os estoques.	Parada de produção no processo subsequente quando há parada no processo precedente.	1, 3, 5, 7, 14, 22, 40, 46, 62, 72, 78, 83 e 86	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13

Em relação à **categoria Estabilidade**, essa foi dividida em duas subcategorias: Estabilidade dos 4'Ms nos processos internos (método, mão-de-obra, materiais e máquinas) e Estabilidade dos clientes e fornecedores. Dentro os 86 artigos coletados na RSL, mais da metade (50 artigos, 58%) citam a importância da estabilidade dos processos para a implantação e sustentação de um sistema de produção puxada (SPP). A estabilidade dos 4M's também foi apontada como fundamental por 12 dos especialistas em lean (92%). O trecho a seguir, extraído da entrevista com o especialista 1, demonstra a importância da estabilidade dos processos, e como ela pode ser alcançada:

“Para que um sistema puxado de fato funcione, é preciso ter os processos que fazem parte dele minimamente estabilizados. Não é desejável implementar um sistema puxado visando atender da melhor forma os clientes com um nível de estoque adequado se eu não tiver a estabilidade deste processo. A falta de repetitividade dos processos, falta de materiais e de mão de obra treinada faz com que os supermercados colapsem, assim como o atendimento ao cliente final. Para atingir a mínima estabilidade, é necessário que a empresa faça um trabalho de melhoria dos processos, o nível de repetitividade dos tempos de ciclo precisam ser superiores a 70% e precisam ter aderência ao takt time. É por isso que dizemos que o sistema puxado é uma das últimas etapas de uma transformação lean.”.

O especialista 5 também comenta sobre a importância da estabilidade, e acrescenta uma perspectiva diferente:

“Para implantar um sistema puxado, é desejável que se tenha estabilidade, mas isso não pode ser um impedimento para a implantação. Basta ter conhecimento e vontade de fazer, o que vai acontecer é que vai ser preciso refinar o sistema puxado à medida que a organização vai aprendendo com ele e vai estabilizando os seus processos. Se a empresa tem uma demanda que varia muito e um processo que quebra o tempo todo, com tempos de setup longos, paciência, vai ter que ter mais estoque, o que não significa que não pode puxar. O sistema puxado é ligado a qualquer situação, basta a organização perceber que puxar é melhor que empurrar, e aí começa a lidar com a situação do seu ambiente.”.

De acordo com 22 artigos (25,5%) e 9 especialistas (69%), a estabilidade dos fornecedores promovem boas operações e qualidade na organização, sendo este considerado outro atributo da categoria Estabilidade. Já em relação à estabilidade de clientes, este atributo tem uma forte relação com o setor de serviços, onde o cliente é quem perpassa pelos processos ao longo do fluxo de valor. Para o serviço de saúde, por exemplo, ao longo do fluxo de valor este cliente passa por diversos processos no seu tratamento, necessitado ter determinada estabilidade em etapas que podem oferecer maiores riscos, como um transporte para outro setor ou uma cirurgia arriscada. Apesar de ter sido citado por apenas 3 artigos coletados (3,4%), este é um conceito fundamental que será explorado no Estudo de Caso B, pois se o paciente não estiver estável o suficiente para perpassar por todos os processos necessários, o fluxo é interrompido.

Em relação à **categoria Projeto do sistema**, esta englobou atributos relacionados à liderança, dimensionamento dos estoques, layout, logística interna e ferramentas como a gestão visual, que viabilizam a implantação e sustentação de um SPP. Quanto às ferramentas para análise de fluxo que evidenciam as perdas e promovem consenso sobre os focos de ação, apenas o Mapa de fluxo de Valor foi abordado pelos artigos coletados na RSL. Outras ferramentas, como o Diagrama de Spaguetti, foram abordadas apenas pelos especialistas 1, 5 e 12.

Alguns artigos discutiram a importância de dispositivos visuais, como o *kanban* (29 artigos, 34%) e demais quadros com sinalizações (4 artigos, 4,6%), enquanto 1 artigo apenas discutiu a importância de dispositivos sonoros (*andon*). Bonney et al. (1999) destacam a importância da gestão de dispositivos visuais para o SPP: “...*the local information processing and the visual management of most practical pull systems probably has the most important effect in these systems.*”. O especialista 8 acrescenta: “...*é importante ressaltar que além do sistema visual que é o kanban, os quadros para gerenciamento visual da produção são extremamente importantes, tanto para a manufatura como para demais setores, como a construção civil*”.

Poucos artigos trouxeram alguma discussão sobre a logística interna das organizações (22 artigos, 25%). Já para os especialistas, foi unânime o entendimento de que os estoques precisam estar fisicamente dispostos de forma a facilitar a logística interna. Contudo, poucos também citaram a importância da rotina padronizada para o abastecimento de materiais (3 especialistas, 23%), dispositivos padronizados pra armazenamento e movimentação de materiais (5 especialistas, 38%) e o uso do Plano Para Cada Peça (PPCP) (2 especialistas, 15%). O especialista 7 discute a importância dos atributos do projeto do sistema para a implantação do SPP:

“A partir do Mapeamento do fluxo, a empresa avança em etapas mais operacionais do projeto do sistema, como o dimensionamento e definição dos produtos que você quer manter em supermercado, a padronização de dispositivos de armazenamento e movimentação, o desenho da dinâmica do kanban (se é com um cartão, 2 cartões, eletrônico...). E uma vez desenhado, deve-se projetar um piloto de um dos produtos alvo de implementação e fazer uma pilotagem de tipicamente 4 a 6 semanas, e depois extensão e replicação para demais itens e enfim, estabelecer um monitoramento e revisões periódicas dos estoques.”.

Em relação ao entendimento do sistema de produção puxada (nível gerencial e operacional), e à presença do gerente do fluxo de valor, 34% dos artigos, além de 100% dos especialistas, citaram a sua importância. O trecho a seguir traz a perspectiva do

especialista 10 sobre o papel do gerente (líder) e do entendimento e todos os envolvidos para a implantação e sustentação do SPP:

“O papel da liderança é fundamental nesse sistema. É uma fonte frequente de problema quando a liderança abandona a mudança, e daí o propósito já não é mais o mesmo, o novo executivo não conhece, não acredita. O líder deve conhecer em detalhes o que vai ser feito e identificar as barreiras, identificar as dificuldades e atuar sobre elas. Tanto para a liderança quanto para todos os envolvidos no sistema, é muito importante ter a noção do que que é o sistema lean, que é o modelo maior de gestão de operações, entender onde que se encaixa esse pequeno subsistema, que é o sistema puxado, entender o que se ganha, qual é o benefício para a empresa e para os envolvidos, e é importante ir ver por si mesmo casos de sucesso e de fracasso”.

Por fim, a **categoria Controle do sistema** englobou atributos de gerenciamento e monitoramento da demanda e de indicadores, além de acompanhamento diário da produção/serviço. A variabilidade existe em todos os sistemas de produção e pode causar um grande impacto no seu desempenho. Por essa razão, a habilidade de medir, compreender e gerenciar a produção torna-se crítica para uma administração eficaz do SPP. De Haan et al. (2001), Sui Pheng et al. (2011), Spenhoff et al. (2014), Onyeocha et al. (2015) (artigos 30, 58, 68 e 73 respectivamente), além dos especialistas 1, 2, 4, 10 e 13, abordam algumas estratégias para gerenciar e monitorar a demanda, tais como ferramentas para antecipar a demanda (métodos de previsão e utilização de histórico de dados), relações de parceria com clientes de modo a melhor adaptá-la a suas possibilidades de produção e atividades que influenciem a demanda, como promoções, propaganda e esforço de vendas.

4.2 ESTUDO DE CASO A – MANUFATURA

4.2.1 Caracterização do sistema alvo da empresa A

A empresa A atua na fabricação de balanças rodoviárias para controle de pesagem. A empresa é operante há 35 anos, possuindo 8 anos de experiência com o lean, e é uma das principais na região sul na sua área de atuação. A empresa possui ao todo 43 funcionários, sendo 25 dedicados à produção.

A Figura 4 ilustra o organograma da empresa em setores relacionados à manufatura, no início da pesquisa, no mês de Maio de 2018. Vale ressaltar que o gerente

de produção gerencia dois gerentes de fluxo (líderes), e cada gerente de fluxo gerencia 11 operadores.

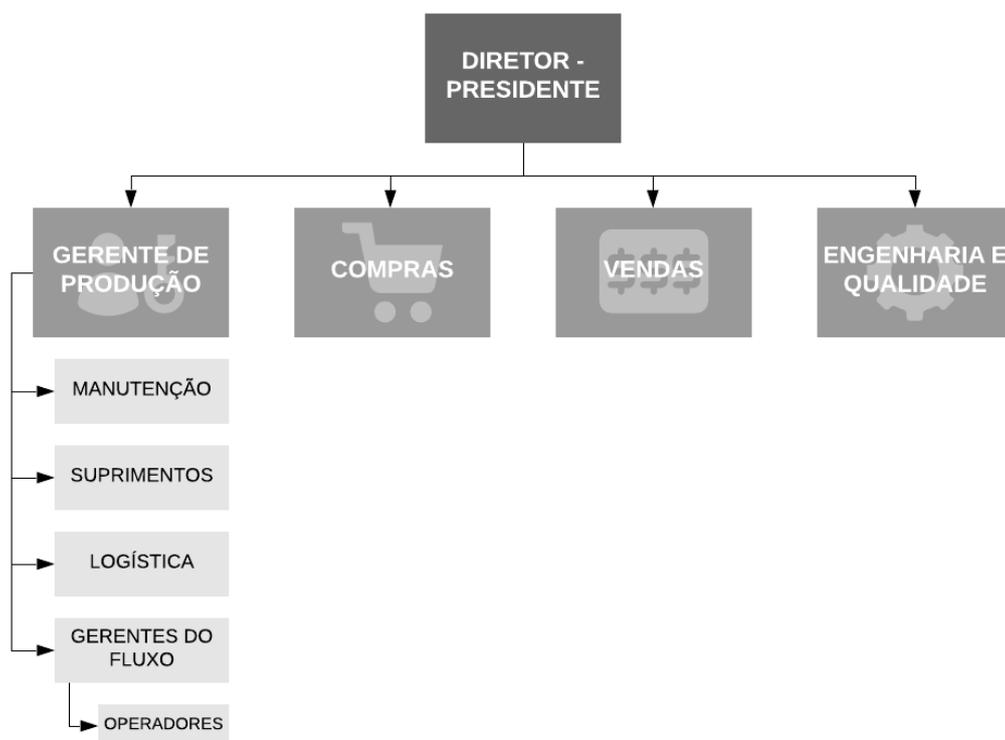


Figura 4 - Organograma dos setores ligados à produção na empresa A

Em relação à implantação do lean na empresa, a aplicação de conceitos e técnicas iniciou ainda em 2010, com treinamentos e *workshops* realizados por uma empresa de consultoria. Após o período de 10 meses de treinamento, a implantação passou a ser responsabilidade dos próprios funcionários da empresa. A empresa manteve um funcionário dedicado exclusivamente pelo processo de implantação do SPP, desde 2010 até o ano de 2014. Tal funcionário possuía o cargo denominado pela empresa como Coordenador lean, que coincide com o cargo de Gerente de Produção. A implantação do SPP ocorreu no âmbito dos primeiros esforços de implantação do lean em 2010, com o objetivo de reduzir o *lead time* de fabricação.

A produção de balanças rodoviárias pode ser separada em dois tipos: balanças metálicas e de concreto. O principal produto (maior demanda em volume e maior valor agregado) é a balança rodoviária metálica, sendo esta família de produto escolhida como sistema alvo do presente estudo. A balança metálica é fabricada em módulos padrões de 6

e 7 metros de comprimento, pois com essa configuração, é possível fabricar qualquer tamanho de balança exigida pelo mercado (12, 13, 18, 19, 21, 25, 26, 30, 31 metros). Essa padronização dos módulos foi fundamental para a implantação do SPP. A padronização aconteceu por meio da mudança no projeto de montagem de engates macho e fêmea, que antes era feito com solda, no início do fluxo de valor. Após a mudança, a montagem de engates macho e fêmea passou a ser por parafusos, o que possibilitou que a customização (em termos de tamanho da balança a ser entregue ao cliente) acontecesse ao final do fluxo de valor. Dessa forma, antes do ponto de pedido do cliente, todos os módulos de 6 e 7 metros passaram a ser iguais, o que viabilizou a implantação de um supermercado de módulos acabados.

A família das balanças metálicas possui três subfamílias de componentes, que foram analisadas no estudo: módulos metálicos, componentes mecânicos e componentes eletrônicos. As figuras 5, 6 e 7 mostram os módulos metálicos, os componentes mecânicos e os componentes eletrônicos, respectivamente.

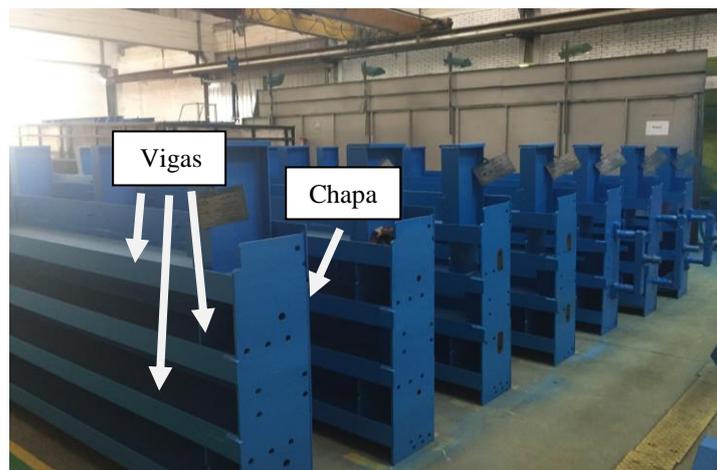


Figura 5 - Subfamília de módulos metálicos



Figura 6 - Subfamília de componentes mecânicos



Figura 7 - Subfamília de componentes eletrônicos

Como pode ser observado na figura 5, que mostra o supermercado de módulos acabados da empresa, a subfamília de módulos metálicos é composta por trilho e chapas soldadas. Já a subfamília de componentes mecânicos (figura 6), é constituída por peças metálicas necessárias para a construção *in loco* da balança. A subfamília de componentes eletrônicos (figura 7) constitui a parte automatizada da balança, como a fiação e os módulos de pesagem.

Os processos de fabricação das balanças metálicas utilizados pela empresa são variados, incluindo corte, remoção de rebarba, solda, pintura e montagem final, além de algumas operações terceirizadas, como a dobra. A figura 8 mostra a representação do fluxo de valor da família de balanças do tipo metálicas, desenvolvida para este estudo de caso.

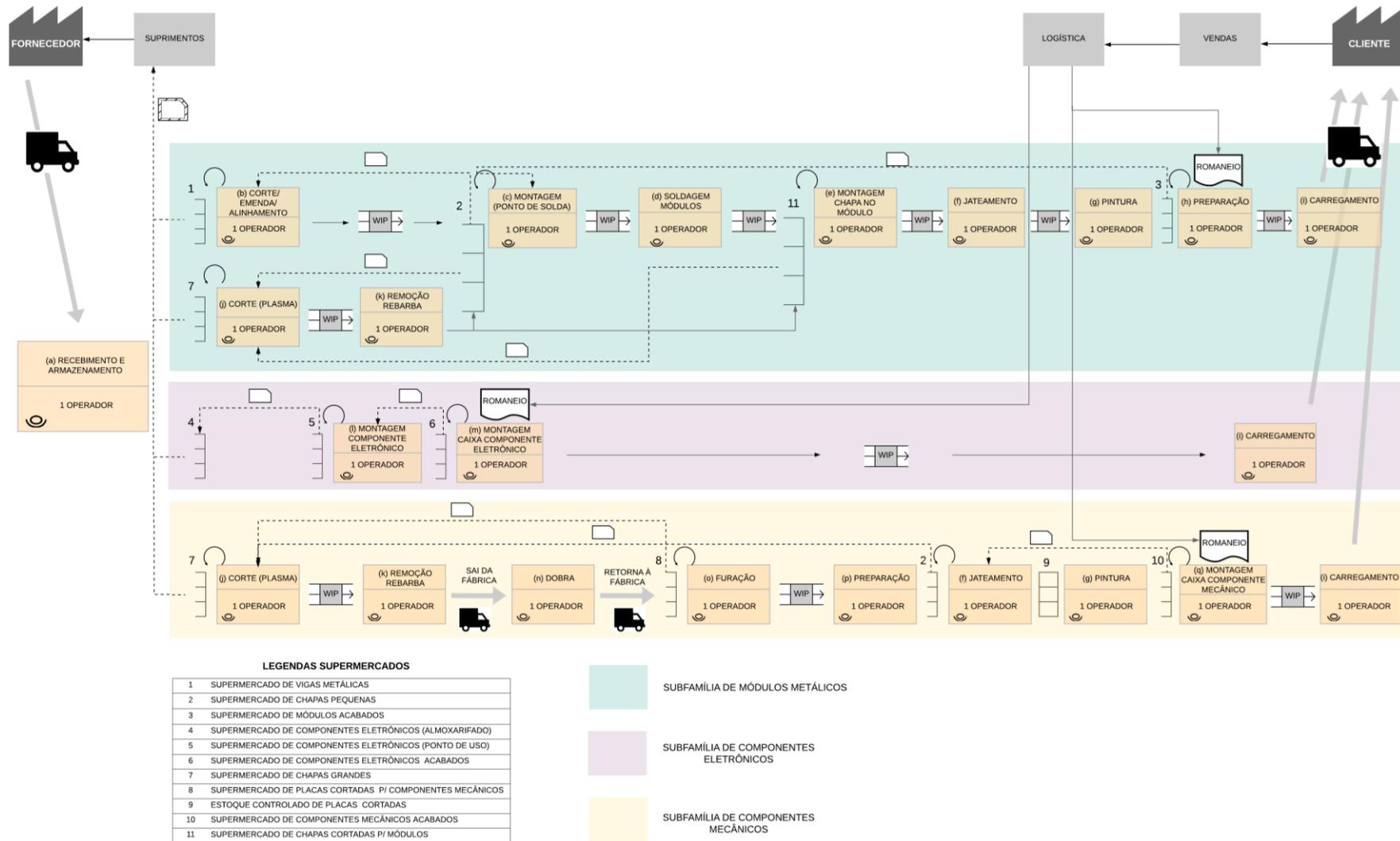


Figura 8 - Representação do fluxo da família de balanças metálicas

O mapeamento da família de módulos metálicos (figura 8) traz a representação do fluxo de módulos metálicos (faixa verde), dos componentes eletrônicos (faixa lilás) e dos componentes mecânicos (faixa amarela). A demanda diária é de 1 balança por dia, sendo esta composta por 4 módulos em média (depende do tamanho da balança), 1 caixa (kit) com componentes mecânicos e 1 caixa (kit) com componentes eletrônicos para a montagem da balança, que é feita no local determinado pelo cliente.

Todo o planejamento de compras de matéria prima, assim como todo o planejamento da produção é feito por meio de cartões *kanban*. Dessa forma, os padrões da empresa estabelecem que nenhuma compra seja realizada e nenhuma peça seja movimentada sem que haja a solicitação por meio do disparo do cartão *kanban*. É importante ressaltar que o setor de Planejamento e Controle da Produção (PCP) não existe na empresa, foi gradualmente desativado conforme a implantação do SPP foi avançando em todos os fluxos da fábrica.

O planejamento da produção é feito pelo setor de logística, que recebe os pedidos do setor de vendas e envia um documento chamado Romaneio para os últimos processos antes do carregamento, sendo eles a preparação (subfamília de módulos) e a montagem de componentes (subfamílias de componentes eletrônicos e mecânicos), conforme representado na figura 8. O Romaneio lista detalhadamente qual a balança que será expedida, suas dimensões e quantos componentes mecânicos e eletrônicos ela necessita. A partir da definição do Romaneio, os produtos são carregados e expedidos ao cliente final.

O setor de suprimentos efetua as compras de materiais com os fornecedores, conforme o disparo dos cartões *kanban*, que são dispostos em um quadro pelo funcionário do setor. A figura 9 mostra o quadro com os pedidos de compras para os fornecedores, separados conforme os dias do mês. Cada cartão representa um pedido, cada quadrado representa um dia, e cada linha representa uma semana, formando um “calendário” de pedidos. Da forma como são dispostos os cartões, separados conforme os dias da semana, é possível identificar visualmente os pedidos efetuados e qual o dia da semana que deverão chegar. E, se por exemplo, ao final do dia os cartões não tiverem sido retirados do quadro, significa que os pedidos não chegaram do fornecedor (estão em atraso).



Figura 9 - Quadro kanban de pedidos efetuados aos fornecedores

A **subfamília de módulos metálicos** (faixa verde da figura 8) passa por 10 etapas até chegar ao cliente final, sendo elas: (a) recebimento e armazenamento dos materiais; (b) corte, emenda e alinhamento das vigas metálicas; (c) montagem das chapas pequenas no módulo com ponto de solda; (d) soldagem do módulo nas chapas; (e) montagem do módulo na chapa grande; (f) jateamento para aumentar a rugosidade e receber a pintura; (g) pintura protetora; (h) preparação da balança, onde o Romaneio é recebido e então se aparafusa os engates macho e fêmea conforme a especificação; (i) carregamento para a expedição ao cliente final; e mais duas etapas complementares, (j) corte das chapas grandes e das chapas pequenas; e (k) remoção da rebarba das chapas que são soldadas no módulo. Essas chapas são enviadas para os supermercados (2) e (11), são soldadas no módulo nas etapas (c) e (e). A denominação do WIP (*work-in-process*) entre as etapas caracteriza que os produtos estão seguindo em fila FIFO, etapa a etapa. O tamanho máximo do WIP de módulos estipulado pela empresa é 2 módulos em fila. Esta folga é necessária, pois caso alguma operação à montante do fluxo pare, ainda há 2 módulos a serem processados pelas etapas à jusante do fluxo, caracterizando aproximadamente 1 turno de folga (4 horas). Já o tamanho máximo do WIP entre as etapas (j) corte e (k) remoção rebarba depende do

número de chapas cortadas pela máquina plasma. Há 5 supermercados ao longo do fluxo, sendo eles: (1) vigas metálicas; (2) chapas pequenas cortadas; (11) chapas cortadas pra os módulos; (3) módulos acabados; e (7) chapas grandes. O esquema de reposição dos supermercados é feito de acordo com os disparos dos cartões *kanban*, que solicitam às operações à montante do fluxo a produção das peças necessárias para a reposição.

A **subfamília de componentes eletrônicos** (faixa lilás da figura 8) passa por 4 etapas até chegar ao cliente final, sendo elas: (a) recebimento e armazenamento dos materiais; (l) montagem do componente eletrônico; (m) montagem da caixa (kit) de componentes eletrônicos, a partir das especificações do Romaneio; e (i) carregamento para a expedição ao cliente final. Há 3 supermercados ao longo do fluxo, sendo eles: (4) e (5) materiais para a montagem de componentes eletrônicos; e (6) componentes eletrônicos acabados. O esquema de reposição dos supermercados também é feito de acordo com os disparos dos cartões *kanban*, que solicitam às operações à montante do fluxo a produção das peças necessárias para a reposição. A existência de 2 supermercados de materiais para a montagem dos componentes eletrônicos é devido à distância entre os processos fornecedor e cliente. O supermercado (5) é localizado no almoxarifado, onde estes componentes são descarregados quando chegam do fornecedor. O supermercado (6) está localizado próximo ao processo de montagem, para facilitar o trabalho do operador.

Por fim, a **subfamília de componentes mecânicos** (faixa amarela da figura 8) passa por 10 etapas até chegar ao cliente final, sendo elas: (a) recebimento e armazenamento dos materiais; (j) corte das chapas em pequenas placas; (k) remoção da rebarba das placas; (n) dobra de algumas placas, que acontece em uma outra fábrica da empresa; (o) furação de algumas placas; (p) preparação das placas, onde há a soldagem em alguns pontos; (f) jateamento para aumentar a rugosidade e receber a pintura; (g) pintura protetora; (q) montagem da caixa (kit) de componentes mecânicos, a partir das especificações do Romaneio; e (i) carregamento para a expedição ao cliente final. O tamanho máximo do WIP entre as etapas (j) corte e (k) remoção rebarba coincide com o tamanho máximo de placas cortadas pela máquina plasma, e varia de 10 a 12 peças. Há um estoque empurrado entre a etapa de jateamento e a de pintura. A etapa de pintura não comporta tantas peças quanto o jateamento, e o tempo de ciclo da pintura é superior ao do jateamento, por isso as peças precisam aguardar entre os dois processos. Contudo, foi questionado o motivo destas peças não ficarem em fila FIFO para serem processadas, e foi

relatado pelo gerente da empresa que a falta de espaço e de coordenação dos operadores fez com que a iniciativa da fila FIFO se perdesse.

Em relação às peças nos supermercados, é adotada uma organização por pilhas verticais, com 7, 8 ou 10 peças em cada, dependendo do tipo. A figura 10, mostra o supermercado (8), que está organizado por pilhas com 8 peças em cada.



Figura 10 - Supermercado (8) de placas cortadas

No exemplo do supermercado (8) (figura 10), quando a faixa da direita é consumida, o cartão é levado pelo operador ao processo fornecedor de peças, (j) corte (plasma). Enquanto isso, a faixa à esquerda continua sendo consumida, até que a reposição desse supermercado seja efetuada. O operador da etapa fornecedora é o responsável por movimentar as peças e devolver o cartão para o posto cliente. O funcionamento de todos os supermercados da fábrica segue o mesmo exemplo. Dessa forma, até o consumo final da primeira pilha, não é necessário o disparo do cartão *kanban* para a operação fornecedora. Quando a pilha chega ao final, aí sim há o disparo do cartão. Apesar de ser do entendimento de todos os operadores, não há uma indicação visual de que a pilha da direita é a primeira a ser consumida.

Já o supermercado de módulos acabados, possui 10 módulos de 6 x 1,5 m e 6 módulos de 7 x 1,5 m. Com essa configuração, a empresa consegue efetuar a expedição à pronta entrega de qualquer tamanho de balança existente no mercado. Da mesma forma, os

módulos acabados possuem um cartão *kanban* acoplado, como pode ser observado na figura 11. Quando um conjunto de módulos é carregado no caminhão a partir da solicitação vinda do Romaneio e expedido ao cliente final, o cartão retorna para a operação (c) montagem (ponto de solda), solicitando à operação que faça nova montagem de módulos, conforme a quantidade de cartões *kanban* enviados.

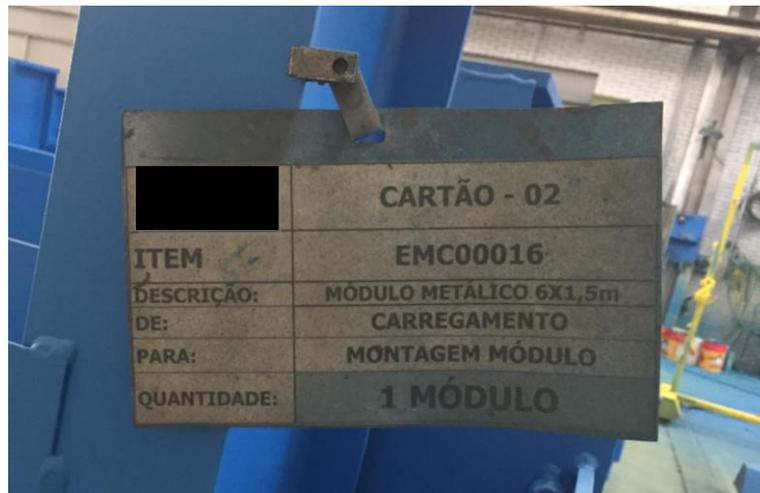


Figura 11 - Cartão *kanban* para módulos acabados

Em relação à planta industrial, o arranjo físico predominante é por processo (ou funcional), ou seja, a maior parte dos processos da fábrica (por exemplo, cortes de chapas, furação e remoção de rebarba) está organizada em áreas que abrigam equipamentos com as mesmas funções. A figura 12 mostra um croqui da planta da fábrica, mostrando a localização de cada etapa e dos supermercados.

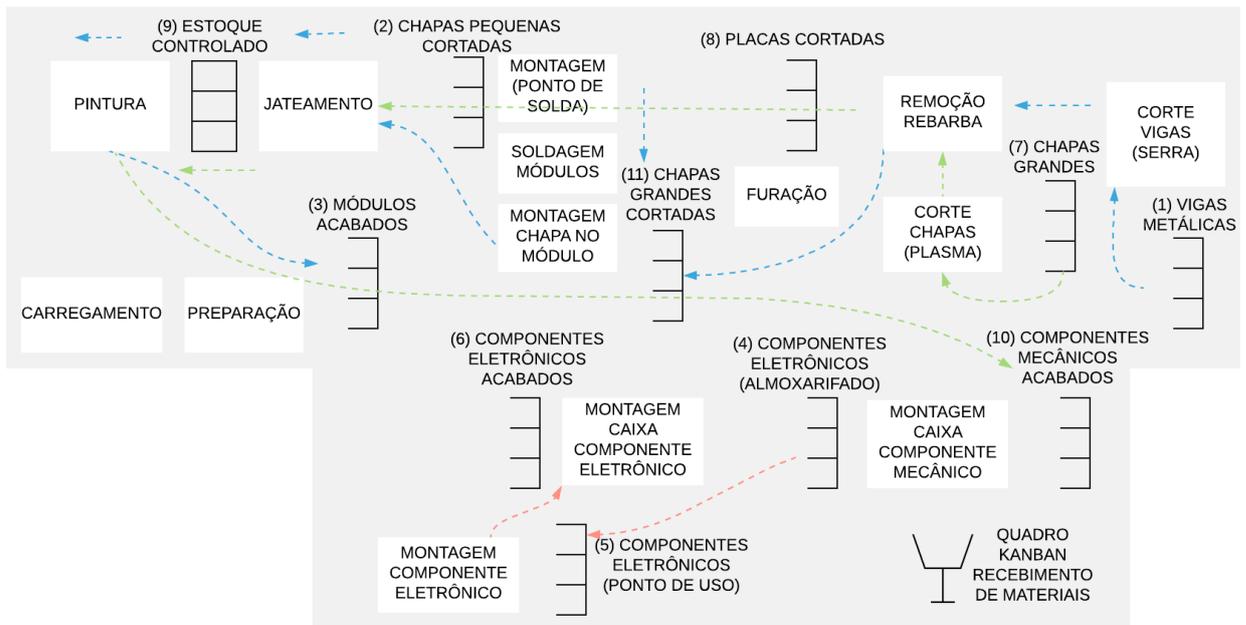


Figura 12 - Croqui da planta da fábrica

O sentido do fluxo de módulos metálicos está representado pela cor azul, o de componentes eletrônicos está representado em vermelho e o de componentes mecânicos em verde.

Os equipamentos/ máquinas compartilhados entre os fluxos de valor são: a máquina plasma, a máquina de retirar rebarba, máquina de jateamento e de pintura. Já a ponte-rolante é compartilhada por todas as etapas que necessitam o transporte e elevação das vigas, módulos e chapas, sendo elas: corte/ alinhamento/ emenda de vigas, corte de chapas (plasma), montagem de módulos, jateamento e pintura dos módulos. Trata-se de uma estrutura que fica suspensa e que desloca materiais grandes e/ou pesados no sentido vertical, transversal e longitudinal.

Os perigos de acidente de trabalho foram observados principalmente no manuseio das chapas, vigas e módulos, feito por ponte-rolante. Há o risco de queda dessas peças e o risco de que estas esbarrem em algum operador. Por este motivo, durante a elevação da carga, o operador deve observar se que há espaço suficiente para que ela seja içada. Foi observado o uso correto dos EPI's indicados para a atividade: capacete, luvas e óculos de segurança, protetores auriculares e botinas. Além disso, a operabilidade de pontes-rolantes na empresa só é permitida a 1 profissional, devidamente habilitado e treinado.

4.2.2 Avaliação dos atributos de sistemas de produção puxada

Na seção anterior, foram mostrados os resultados do módulo (i) do MASPP, que compreendeu informações sobre a empresa e o sistema alvo, a representação do fluxo de módulos metálicos e o croqui da planta da fábrica. Nesta seção, são mostrados os resultados da avaliação dos atributos de SPP do módulo (ii) do MASPP.

Em relação à categoria Estabilidade, 5 atributos foram assinalados como *parcialmente aplicados* e 1 atributo *não se aplicava* ao fluxo, a Estabilidade do cliente. A tabela 9 mostra a avaliação da categoria.

Tabela 9 - Avaliação da categoria Estabilidade

	Atributos	A	PA	NA	NSA	Observações/ fontes de variabilidade
Estabilidade dos 4 M's						
E1	O fluxo de valor possui estabilidade em relação ao método		X			Foi observada a não aderência ao padrão de movimentação dos cartões na etapa (o) furação.
E2	O fluxo de valor possui estabilidade em relação à mão-de-obra		X			Há muita rotatividade de operadores.
E3	O fluxo de valor possui estabilidade em relação aos materiais e informações		X			Foi observada a falta de material na etapa 5.
E4	O fluxo de valor possui estabilidade em relação às máquinas/ equipamentos		X			É utilizado o TPM, porém não existe o acompanhamento do indicador OEE.
Estabilidade dos clientes e fornecedores						
E5	O cliente possui estabilidade ao longo do fluxo de valor				X	
E6	Os fornecedores externos à empresa, caso façam parte do fluxo puxado, possuem frequência padronizada de entrega e são estáveis		X			Os fornecedores possuem entregas diárias de chapas, vigas e tintas. Porém, muitas vezes há o atraso na entrega de chapas.

O atributo E1, foi considerado como parcialmente aplicado. Na etapa (o) furação, foi observada a não aderência ao padrão de movimentação dos cartões *kanban*. Para que este funcione, todas as pilhas de peças nos supermercados precisam estar afixadas com um cartão *kanban*. Na figura 13, é possível observar uma pilha de chapas no supermercado (8) sem o cartão afixado.



Figura 13 - Não conformidade com o padrão de movimentação dos cartões *kanban*

Essa não conformidade pode gerar a falta de material na etapa (e) montagem chapa no módulo, já que, possivelmente, quando a primeira pilha de material acabar, por exemplo, não haverá o disparo do cartão. Isso pode comprometer também o funcionamento das etapas à jusante do fluxo, que podem parar devido a falta dessas peças.

Quanto ao atributo E2, em uma das entrevistas com o gerente da planta foi relatada alta rotatividade de funcionários. A rotatividade, além de gerar custos de demissões e novas contratações, pode prejudicar a qualidade na produção.

Para os atributos E3 e E4, também foram consideradas cada etapa do fluxo para a análise. Relacionado ao atributo E3, foi observada a falta de material na etapa (e) montagem chapa no módulo, que pode significar uma consequência da falta de estabilidade no método, já que foi observado o não cumprimento do padrão de movimentação do cartão *kanban* nessa mesma etapa. Relacionado ao atributo E4, a empresa treina seus funcionários para que realizem a manutenção autônoma, fazendo uso de manutenção preventiva das máquinas. Os operadores têm uma lista de verificação (*check list*) e um conjunto de atividades de manutenção que são executadas durante o turno. As anormalidades são

registradas e comunicadas à manutenção. Por outro lado, foi relatado que o indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE) não tem sido acompanhado pela empresa.

O atributo E6 também foi assinalado como parcialmente aplicado. Os fornecedores de vigas e tintas, além de possuir uma frequência de entrega, são estáveis. Contudo, em relação às chapas, foi observado o atraso de um dia na entrega. Em relação à frequência de entrega, é acordado com os fornecedores entregas diárias de chapas, vigas e tintas. Já materiais pequenos, como parafusos, arruelas e componentes eletrônicos, possuem entrega mensal, pois conseguem uma redução no preço dessa forma.

Em relação à categoria Projeto do sistema, 7 dos atributos foram assinalados como *aplicados*, 3 como *parcialmente aplicados*, 2 como *não aplicados* e 1 *não aplicável*, o atributo Plano Para Cada Cliente (PPCP). A tabela 10 mostra a avaliação da categoria.

Tabela 10 - Avaliação da categoria Projeto do sistema

Atributos		A	PA	NA	NSA	Observações/ fontes de variabilidade
Ferramentas						
P1	Uso de ferramenta para análise do fluxo (mapa de fluxo de valor do estado atual e futuro, Diagramas de Raias e Spaghetti)	X				Foi utilizado o MFV do estado atual e futuro para evidenciar as perdas e promover consenso sobre as oportunidades de melhoria.
Liderança						
P2	Existência de um gerente do fluxo de valor puxado	X				Existem 2 líderes, 1 para cada 11 operadores.
P3	Existência de rotinas de gerenciamento diário		X			Há o gerenciamento diário nos níveis operador-líder e líderes-gerente.
P4	Os trabalhadores de nível operacional e gerencial, envolvidos diretamente no sistema puxado, entendem como o sistema funciona e porque funciona dessa forma		X			Operadores por vezes deixam de cumprir o padrão de movimentação dos cartões <i>kanban</i> . Isso pode ser explicado pela falta de conhecimento do SPP e entendimento da importância do padrão de movimentação dos cartões.
Dimensionamento						
P5	É adotado um método para dimensionamento dos estoques (matérias-primas, em processo, produto acabado)	X				O método de dimensionamento adotado leva em conta a capacidade de produção e o lead time do fornecedor, acrescido de uma margem de segurança
P6	Existem folgas (recursos reserva, de qualquer natureza, que podem ser usados quando necessário) para lidar com a variabilidade da demanda e da disponibilidade de recursos	X				Existência de estoques de segurança dimensionados e fornecedores alternativos. Além disso, o movimentador pode assumir alguma função na falta de algum operador.
P7	Existe uma frequência definida para revisão do dimensionamento de estoques			X		Não existe frequência formal, essa atividade funciona de forma reativa, quando há falta ou excesso de estoque.
Layout e logística de abastecimento						
P8	O estoque está disposto de forma a facilitar a logística interna e externa	X				Supermercados de produtos acabados e de matéria prima sempre próximos ao

				ponto de descarga/carga dos caminhões, não havendo tombos, supermercados intermediários sempre próximo ao ponto de uso.	
P9	Há dispositivos de gestão visual para comunicação entre os processos		X	Uso do <i>kanban</i> ; Demarcação dos níveis máximo e mínimo de supermercados, representadas por 2 pilhas; não há sinais sonoros; há apenas 1 quadro com gestão à vista.	
P10	Existência de trabalho padronizado do movimentador			X	Movimentador de materiais não possui rotina de abastecimento padronizada.
P11	Presença de dispositivos padronizados para armazenamento de materiais	X			Todas as peças pequenas são armazenadas em caixas padronizadas, e todas as peças maiores ficam dispostas em uma estrutura metálica padronizada para cada tipo de peça.
P12	Presença de equipamentos padronizados para movimentação/ transporte de materiais ou pessoas	X			Além da ponte rolante, existem outros equipamentos padronizados para a movimentação das peças, como trolleys e carrinhos desenvolvidos pela própria empresa.
P13	Existência de Plano Para Cada Peça (PPCP)		X		Existe um plano desatualizado, contendo apenas informações básicas dos cartões <i>kanban</i> : onde a peça descrita no cartão é armazenada e para qual operação ela deve ser enviada.
P14	Existência de Plano Para Cada Cliente (PPCC)			X	

Quanto ao atributo P1, o uso do Mapa de Fluxo de Valor (MFV) atual e futuro foi utilizado antes da implantação do SPP. Ao final do estudo de caso, a empresa lançou a ideia de promover o uso do MFV para os operadores. A ideia era que eles tivessem 1 dia de treinamento sobre a utilização da ferramenta, desenvolvessem mapas da situação atual e futura da fábrica e apresentassem para o gerente de produção e líderes as oportunidades de melhoria encontradas. A pesquisadora não conseguiu acompanhar a implantação desta iniciativa.

Em relação ao atributo P2, há dois gerentes de fluxo (líderes), e cada um lidera um grupo de 11 operadores. As rotinas de gerenciamento diário (atributo P3) são feitas nos níveis operador-líder e líderes-gerente. Há também a presença de quadros para o acompanhamento diário da produção, onde ao final do dia, os dados básicos de quantidade produzida *versus* meta de produção são inseridos para a reunião. Como oportunidade de melhoria, os dados básicos de quantidade produzida poderiam ser introduzidos no quadro a cada hora, para observação por parte dos líderes e gerentes quanto ao aparecimento de anormalidades.

Já para o atributo P4, os gerentes de fluxo relataram que por vezes os operadores deixam de cumprir o padrão de movimentação dos cartões *kanban*. Isso pode ser explicado pela falta de entendimento de como o *kanban* precisa funcionar, e porque é importante seguir as regras de funcionamento: (i) nenhuma peça é movimentada sem que esteja vinculada a um cartão *kanban*; (ii) o operador é o responsável por enviar a ordem de produção do cartão *kanban* para a etapa fornecedora; (iii) o operador da etapa fornecedora é o responsável por movimentar as peças e devolver o cartão para o posto cliente. A presença de poucos treinamentos em lean (foram feitos apenas 3 no ano de 2018) pode representar outro indício da falta de conhecimento dos operadores.

O método de dimensionamento (atributo P5) adotado para os supermercados leva em conta a capacidade de produção e o *lead time* do processo fornecedor, acrescido de uma margem de segurança. Não existe frequência formal para revisão dos estoques (atributo P7), essa atividade funciona de forma reativa. Para a empresa, alguns sinais de que o estoque precisa ser redimensionado são: faltas repetitivas de material ou nível do supermercado quase sempre ao final de segunda pilha (estoque de segurança), ou então excesso de estoque, de forma que quase nunca é utilizada a segunda pilha de peças do supermercado.

Quanto ao atributo P6, as folgas existentes no sistema são: os estoques de segurança dimensionados, fornecedores alternativos e a possibilidade de hora extra de um ou mais operadores. Além disso, o movimentador pode assumir a função da solda na falta do operador, já que é habilitado para este tipo de operação. A empresa se beneficiaria, neste caso, de uma matriz de multifuncionalidade, para padronizar as competências necessárias para todas as etapas, identificando (se existir) o segundo operador mais adequado, que irá cobrir a função em caso de falta do operador.

Os atributos P8, P11 e P12, que avaliam se os estoques estão dispostos de forma adequada e padronizada, bem como se existem equipamentos adequados e padronizados para o transporte de materiais, foram considerados como totalmente aplicados. Os supermercados de produtos acabados e de matéria prima se localizam próximos ao ponto de descarga/carga dos caminhões, não havendo diversas cargas e descargas de materiais em diversos pontos da fábrica, e supermercados entre processos se localizam próximos ao ponto de uso do operador.

Em relação ao atributo P9, este foi considerado parcialmente aplicado. Os dispositivos de gestão visual existentes na empresa são: o próprio sistema *kanban*, a demarcação dos supermercados em nível máximo e mínimo, representados por 2 pilhas de peças dimensionadas. Há apenas um quadro com gestão à vista, o de gerenciamento diário da produção. Além disso, não há sinais luminosos e/ou sonoros para aviso de alguma falha no processo, solicitando assim a ajuda de técnicos de manutenção, engenheiros ou outros responsáveis pela resolução do problema.

Quanto ao atributo P10, não há na empresa um trabalho padronizado para o transporte de materiais. O movimentador, que deveria possuir rota padronizada e horários estipulados para o abastecimento das linhas, não é responsável por essas operações. O operador é o responsável por enviar a ordem de produção do cartão *kanban* para a etapa fornecedora, e o operador da etapa fornecedora é o responsável por movimentar as peças e devolver o cartão para o posto cliente. Atualmente, o movimentador na empresa é incumbido de armazenar os materiais advindos dos fornecedores, bem como transportar para o setor do carregamento os *kits* de componentes eletrônicos e mecânicos.

Por fim, no que se refere ao atributo P13, na empresa existe um Plano Para Cada Peça (PPCP) desatualizado, com muitas peças faltantes. A empresa se beneficiaria em ter uma planilha com o PPCP atualizado, contendo pelo menos informações como o código do cartão, consumo diário, local de uso e armazenamento, de que forma deve ser transportada (ponte rolante, carrinho...), qual o fornecedor e a frequência de pedido.

Em relação à categoria Controle do sistema, 1 dos atributos foi assinalado como *aplicado*, 2 como *parcialmente aplicados* e 1 como *não aplicado*. A tabela 11 mostra a avaliação da categoria.

Tabela 11 - Avaliação da categoria Controle do sistema

Atributos		A	PA	NA	NSA	Observações/ fontes de variabilidade
Gestão da demanda externa						
C1	Análise, rastreamento e monitoramento da demanda externa	X				Há a utilização de previsão da demanda a partir de dados históricos; Há relações de parceria com clientes para adaptar à capacidade de produção.
Indicadores						
C2	Presença de indicadores para monitorar a aderência ao sistema puxado			X		Não há o acompanhamento de indicadores.
Controle/ acompanhamento interno						
C3	Prática de auditorias internas com		X			Frequência diária por parte do gerente

	frequência padronizada (por exemplo, diária ou semanal)		da planta e do líder, porém, são auditorias informais.
C4	Os operadores e gerentes respeitam o limite máximo padronizado para os estoques/ filas	X	Nas etapas (j) corte (plasma), (c) montagem (ponto de solda), (d) soldagem módulos, (e) montagem chapa no módulo foi identificado o não cumprimento do limite máximo estipulado pelo supermercado e pela fila WIP.

Em relação ao atributo C1, este foi considerado totalmente aplicado. A gestão da demanda na empresa engloba a habilidade de prevê-la, de se comunicar com o mercado, o poder de influência sobre a demanda, a habilidade de cumprir prazos, e de priorizar e alocar os recursos disponíveis. Há a utilização de previsão de demanda a partir do histórico de dados. Por exemplo, a partir do histórico da demanda, a empresa reconhece padrões de demanda, como a sazonalidade de vendas devido à safra de grãos. Além disso, há relações de parceria com clientes para adaptar os pedidos que chegam ao longo do mês conforme a capacidade de produção em cada semana.

A não existência de acompanhamento de indicadores (atributo C2), pode ter sido originada pelo fato de não haver uma pessoa encarregada para medi-lo e atualizá-lo com frequência, segundo o relato do gerente de produção. Um indicador importante o qual a empresa se beneficiaria é o On-Time-In-Full (OTIF) ou “Pedidos completos entregues no prazo”, que permite conhecer desempenho de entrega de produtos. Ele mede a quantidade de pedidos completos (aderência do pedido ao escopo combinado) entregues no prazo (pontualidade do pedido). O indicador é binário, e cada pedido é avaliado se “atendeu/ não atendeu”, por isso, relativamente fácil de ser implementado. A empresa muitas vezes envia cargas incompletas, quando por exemplo um dos componentes mecânicos não está pronto para ser carregado, ou é esquecido. Porém, nunca foi acompanhado quantos de seus pedidos não são entregues completos ao cliente ou no prazo correto. Portanto, acompanhar o indicador OTIF e investigar as causas dessas ocorrências traria benefício para a empresa.

Em relação ao atributo C3, há uma frequência diária de auditoria interna por parte do gerente da planta e do líder, porém, são auditorias informais. Uma iniciativa interessante seria a utilização do método Kamishibai, por ser um método simples e visual para gerenciar as auditorias internas, e por estimular os operadores e gerentes de fluxo a visualizar os problemas e discutir como resolvê-los (NIEDERSTADT, 2013).

Quanto ao atributo C4, nas etapas (j) corte (plasma), (c) montagem (ponto de solda), (d) soldagem módulos, (e) montagem chapa no módulo, foi identificado o não cumprimento do limite máximo estipulado pelo supermercado e pela fila WIP. A causa para esta ocorrência na etapa (j) corte (plasma) é justificada pelo seguinte exemplo: muitas vezes, um cartão *kanban* é trazido para a operação, solicitando o corte de 8 chapas 30 x 30 cm, contudo, em uma chapa de 120 x 90 cm o tamanho da chapa comporta o corte de 12 chapas 30 x 30 cm. Dessa forma, é preferível cortar a quantidade total da chapa do que cortar pouco a pouco gerando desperdício de tempo, pois a máquina precisaria ser preparada novamente.

A outra ocorrência, em relação ao desrespeito do limite de WIP nas etapas (c), (d), (e), pode ter origem na falta de funcionários na operação fornecedora, quebra da máquina de plasma ou atraso do fornecedor de chapas. As duas ocorrências foram observadas na fábrica. As figuras 14 e 15 mostram o não cumprimento do limite máximo de WIP, que é de 2 módulos metálicos.



Figura 14 - Não cumprimento para o limite máximo do WIP de módulos metálicos



Figura 15 - Detalhe da placa de aviso do limite de WIP

Como mostrado nas figuras 14 e 15, há uma desconformidade nas regras do nível máximo de WIP na empresa, pois 3 módulos estão dispostos na fila. Os motivos que podem gerar esta variabilidade entre o trabalho real e o prescrito são dois:

- 1) quando a operação jateamento ou pintura (à jusante no fluxo) está parada (por falta de funcionário, ou quebra de máquina), é permitido, apenas com autorização do gerente de produção, a disposição de mais de 2 módulos em WIP nas operações de montagem do módulo. Dessa forma, quando a operação à jusante no fluxo voltar a operar, apenas ela fará hora extra, consumindo a fila de produto da operação fornecedora; ou
- 2) quando há atraso da chegada da chapa grande por parte do fornecedor, é permitido (apenas com autorização do gerente de produção), a disposição de mais de 2 módulos em WIP antes da operação de montagem do módulo na chapa. Dessa forma, quando a chapa grande chegar do fornecedor, apenas as operações ligadas à chapa grande, que são o corte (plasma) e a montagem do módulo na chapa, realizam hora extra, e não toda a produção à montante dos módulos (que incluem as vigas e as chapas pequenas também).

A explicação dada pelo gerente de produção para esta quebra na regra do nível máximo da fila WIP é que, se todas as operações à montante parassem quando estas etapas parassem, horas extras em todas essas operações à montante teriam que ser feitas para compensar a parada de produção. E dessa forma, há o acúmulo de estoque apenas para

algumas operações que fazem hora extra. A figura 16 ilustra os exemplos apresentados acima.

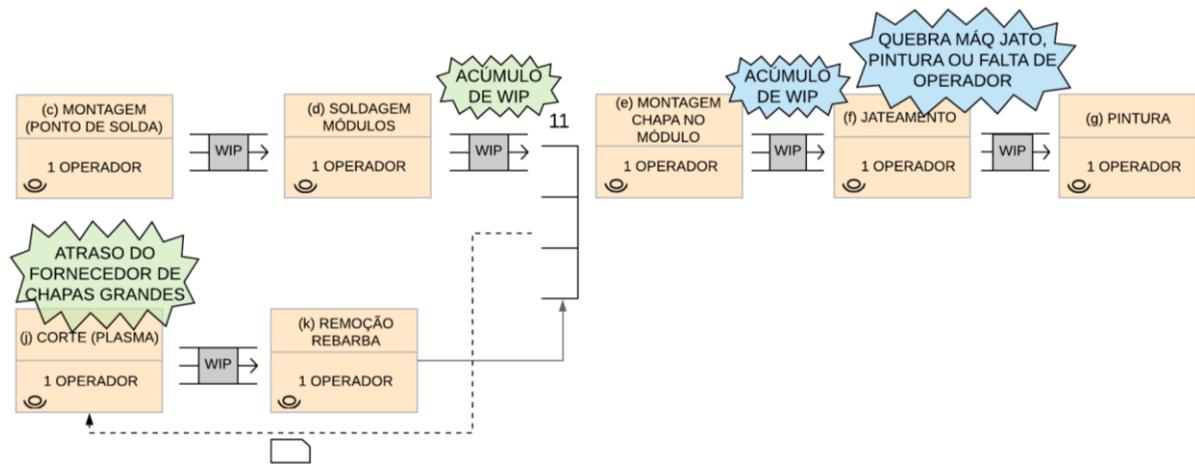


Figura 16 - Etapas em que pode ocorrer violação autorizada do limite de WIP

Se essa violação da regra se torna rotina, o combate às causas do problema não é realizado ou é sempre postergado por não criar urgência. Possivelmente, o limite padronizado de WIP deveria ser maior, já que a estabilidade atual não é condizente com o mesmo.

Em relação aos *trade-offs* na gestão de sistemas de produção puxada, foram identificados dois exemplos após a aplicação do MASPP. O primeiro deles diz respeito ao fato de superproduzir placas na operação de corte por conta do aproveitamento inteiro da chapa, observado na etapa (j) corte (plasma). Como explicado anteriormente, para evitar o desperdício da chapa e a realização de mais de um *setup* da máquina plasma, o corte da chapa inteira é feito de uma vez só, mesmo produzindo uma quantidade superior do que necessária para repor o supermercado. Dessa forma, o limite máximo do supermercado é violado.

O segundo *trade-off* diz respeito à utilização da capacidade em paradas por falta de funcionário, material, quebra de máquinas ou atraso do fornecedor. Como explicado anteriormente, quando há parada nas operações à jusante (quebra de máquina de jato, pintura ou falta de operador) ou à montante (atraso do fornecedor) da montagem de módulos, é permitido a disposição de mais de 2 módulos em WIP, de forma que, quando a operação que estava parada volte a funcionar, apenas esta faça hora extra. Dessa forma os

trabalhadores acumulam WIP para posterior consumo das operações durante as horas extras de produção.

É possível eliminar esses *trade-offs* com o reprojeto do sistema. Em relação ao primeiro *trade-off*, uma alternativa seria redimensionar o supermercado, coincidindo o seu limite máximo com o número de peças do lote cortado pela máquina plasma. Em relação ao segundo *trade-off*, uma alternativa seria aumentar o limite de WIP, já que atualmente não há estabilidade suficiente para manter apenas dois módulos em WIP. Vale ressaltar que investir na melhoria das causas dessa variabilidade, que são a falta do operador do jato e o atraso de fornecedores de chapas grandes é tão importante quanto redimensionar a fila de módulos.

4.2.3 Escore e considerações finais do caso A

A avaliação de cada atributo foi transformada em um escore final, que representa a nota atribuída para a eficiência do sistema. A tabela 12 mostra o escore final da avaliação feita no Estudo de Caso A. Atributos sinalizados como *não aplicado* pontuaram 0, atributos sinalizados com *parcialmente aplicado* pontuaram 0,5, atributos sinalizados com *aplicado*, pontuaram 1.

Tabela 12 - Escore final da eficiência do sistema

Categoria	Pontuação Final	Pontuação Máxima	Percentual
Estabilidade	2,5	5	50%
Projeto do Sistema	9	13	69,2%
Controle do Sistema	2	4	50%
Escore Final	13,5	22	61,3%

Para nortear a priorização das oportunidades de melhoria, considerou-se como críticas as categorias Estabilidade e Controle do sistema, que ficaram no limite (entre 0-50%), e como moderada a categoria Projeto do sistema (entre 51-70%). Para nenhuma categoria foi considerada satisfatória a eficiência do sistema (entre 71-100%).

Na reunião de discussão de resultados, sugeriu-se à empresa priorizar ações de melhoria nas categorias Estabilidade e Controle do Sistema. Em relação à categoria

Estabilidade, uma oportunidade de melhoria é a necessidade do investimento em treinamentos. Foi percebido que, a falta de entendimento do SPP pode influir na falta de estabilidade do método, e, somado com a desmotivação, pode influir também na rotatividade dos operadores. Por este motivo, sugeriu-se à empresa o investimento em treinamentos específicos sobre os princípios lean, incluído o SPP. É importante também, além de compreender o funcionamento de ferramentas pontuais, ter o entendimento de como as práticas lean da empresa interagem entre si. De fato, a não conformidade com o padrão de movimentação dos cartões *kanban* observada, pode ser explicada pela falta de estabilidade no método, que por sua vez pode ser causada pela falta de entendimento do sistema. Foi visto que, se apenas um cartão *kanban* estiver no local incorreto, isto já pode comprometer o funcionamento das etapas à jusante do fluxo, que podem parar devido a falta dessas peças.

Outro aspecto discutido na reunião de apresentação de resultados, relacionado ao Controle do sistema, é a falta de indicadores, principalmente os específicos para monitorar a eficiência do sistema puxado. Foi visto que, um indicador importante o qual a empresa se beneficiaria é o On-Time-In-Full (OTIF). Outra iniciativa interessante seria a utilização da metodologia Kamishibai para auditoria interna, que poderia estimular os operadores e gerentes de fluxo a visualizar os problemas e discutir como resolvê-los.

Em contrapartida ao fraco desempenho das categorias Estabilidade e Controle do sistema, a categoria Projeto do sistema possui muitos aspectos positivos. A gestão visual dos estoques proporcionada pelo uso do sistema de cartões *kanban* faz com que desconformidades apareçam. Além disso, os supermercados estão bem posicionados, levando em conta o ponto de uso e ponto de descarga dos fornecedores, e todos os dispositivos de armazenagem e transporte de matérias são padronizados, o que elevou a nota da categoria.

Contudo, alguns aspectos da logística de abastecimento interna precisam ser melhorados. Na empresa, o movimentador, que deveria possuir rota padronizada e horários estipulados para o abastecimento das linhas, não é responsável por essas operações. O operador é o responsável por enviar a ordem de produção do cartão *kanban* para a etapa fornecedora, e o operador da etapa fornecedora é o responsável por movimentar as peças e devolver o cartão para o posto cliente. Atualmente, o movimentador na empresa é incumbido de armazenar os materiais advindos dos fornecedores, bem como transportar para o setor

do carregamento os kits de componentes eletrônicos e mecânicos. A rotina padronizada de recolhimento de cartões nas operações e transporte de materiais até o ponto de uso não deveria ser uma operação negligenciada, pois traz ritmo à fábrica.

O fato do movimentador poder assumir na fábrica a posição de um operador quando o mesmo falta, comprova a falta de conhecimento da importância da padronização na logística de abastecimento. Essa folga deve existir, porém um operador mais ocioso deveria assumir a posição, o que remete à necessidade de balancear a carga dos operadores, utilizando seu tempo ocioso em relação ao tempo *takt* para fazer outras operações. A ferramenta que poderia ser utilizada neste caso é o Gráfico de Balanceamento de Operadores (GBO).

Por fim, em relação à avaliação do método, foi questionado ao representante (gerente de produção) se ele via utilidade na aplicação do MASPP no sistema alvo escolhido, e se via a utilidade dele para a análise de outros fluxos da fábrica, como a família de balanças de concreto. O representante relatou que via na aplicação do MASPP uma ótima oportunidade de melhorar cada vez mais o fluxo de balanças na empresa, e que, apesar de terem um SPP que se sustenta há anos, há sempre oportunidades de melhoria, e que estas ficaram visíveis com a análise realizada, como a necessidade de um movimentador com rotina padronizada.

4.3 ESTUDO DE CASO B – SERVIÇO DE SAÚDE

4.3.1 Caracterização do sistema alvo da empresa B

O hospital público e universitário possui 40 unidades assistenciais e um quadro de pessoal com mais de 6.000 funcionários foi escolhido. O estudo foi realizado em uma Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) do hospital, e focado na análise do fluxo de transportes de pacientes críticos até a Unidade de Radiologia (UR).

A UTI possui capacidade para 33 leitos, distribuídos em áreas físicas distintas: a UTI 1, com 20 leitos e a UTI 2 com 13 leitos. O quadro de pessoal nas UTI's é composto por 9 médicos rotineiros, 12 residentes, 49 enfermeiros e 135 técnicos de enfermagem, além de 35 médicos plantonistas. A equipe de cuidado divide-se em: um técnico de

enfermagem para cada 2 pacientes; um enfermeiro e um residente para cada 4 pacientes; e um médico intensivista para cada 10 a 12 pacientes.

A UR é responsável pela execução de procedimentos diagnósticos terapêuticos que envolvam imagens radiológicas nos pacientes ambulatoriais e internados. subunidades dentro da Radiologia, que são: Ressonância Magnética, Tomografia, Ecografia, Raio X e Biópsias. A figura 17 mostra em esquema as áreas do hospital atendidas pela UR.

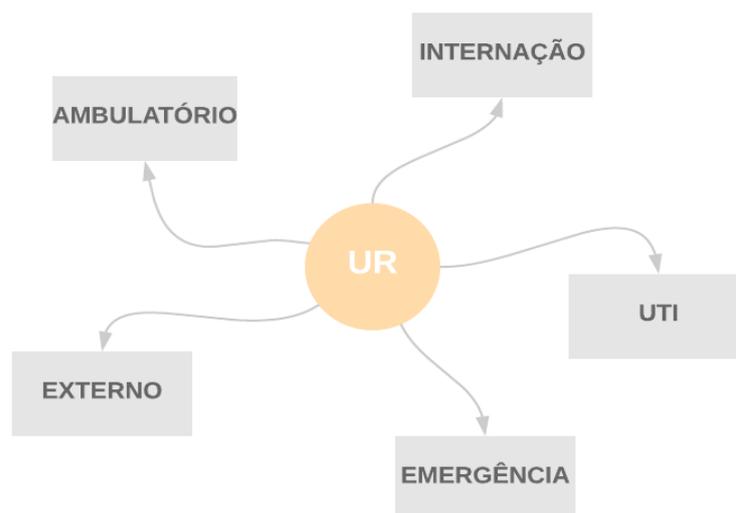


Figura 17 - Áreas do hospital que são atendidas pela UR

Em razão do volume de exames/ procedimentos dos pacientes internados, foi organizada uma equipe de técnicos de enfermagem para transportar os pacientes das diversas unidades (figura 17) até a UR. Esta equipe opera nos turnos manhã e tarde, e organiza-se através dos pedidos de exames, coordenando quais pacientes deverão ser buscados e entregues nas diversas sub áreas do setor.

A equipe de transportes tem seu posto de trabalho em uma sala, localizada centralmente na UR, que é denominada Central Única dos Transportes (CUT). Esta equipe conta ainda com um técnico de enfermagem por turno, que organiza os pedidos, priorizando os pacientes que devem ser buscados e designando quais técnicos irão buscar quais pacientes. Por exemplo, os protocolos de Acidente Vascular Cerebral (AVC) possuem atendimento prioritário e imediato, enquanto exames solicitados com urgência imediata pela UTI ou demais áreas se enquadram em um segundo patamar de prioridade.

Exames solicitados pela UTI que possuem urgência, mas não imediata, recebem um “encaixe” para o mesmo dia, com horário determinado.

Em relação aos pacientes internados na UTI, a UR pode realizar exames de raio-x e ecografia à beira do leito. Contudo, para exames de tomografia e ressonância magnética, os pacientes internados na UTI (localizada no 13º andar do hospital) devem ser transportados para a UR (localizada no 3º andar). A UR possui 5 salas de exames, sendo 3 delas com tomógrafos e 2 com ressonâncias magnéticas que atendem a UTI, bem como todo o hospital. Só de pacientes advindos da UTI, em 2017 a UR realizou 100 exames de tomografia e ressonância. A figura 18 mostra a representação do fluxo de pacientes da UTI para a realização de exames na UR, desenvolvido para o presente estudo de caso.

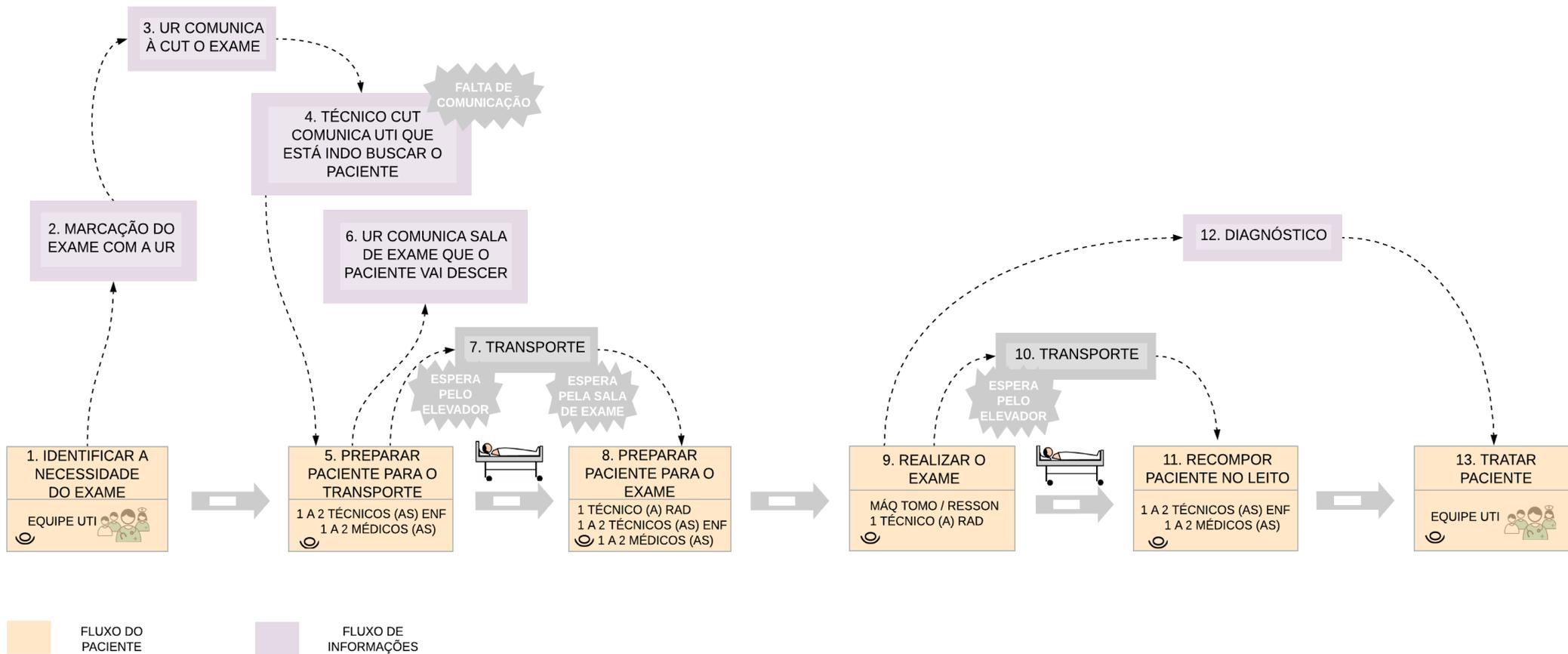


Figura 18 - Representação do fluxo de paciente da UTI que realiza exame na UR

Como pode ser observado na figura 18, o fluxo está dividido em duas partes: o fluxo físico (fluxo do paciente), em laranja e o fluxo de informações, em lilás. O primeiro processo do mapa diz respeito à identificação da necessidade de exame, que pode ocorrer nos *rounds* clínicos ou mesmo durante o turno. O *round* clínico acontece no turno da manhã e da tarde, e é uma abordagem muito empregada na terapia intensiva, sendo caracterizada na UTI por encontros periódicos onde o médico rotineiro, em conjunto com médicos residentes, enfermeiros, técnicos (podendo ter demais especialidades, como fisioterapeuta, fonoaudiólogo...), reúnem equipe de linha de frente e “discutem os casos” à beira do leito.

O médico intensivista (podendo ser rotineiro ou plantonista), médico residente e enfermeiro (podendo interagir o técnico e demais especialidades, como o fisioterapeuta) que identificam a necessidade do paciente em realizar o diagnóstico por imagem de tomografia ou ressonância. A análise do risco benefício do exame e o transporte do paciente crítico deve ser feita pelo médico intensivista responsável pelo paciente e previamente à solicitação, principalmente em casos envolvendo modificações diagnósticas, terapêuticas ou prognósticas. A análise poderá ser reavaliada a cada alteração de turno e equipe. Vale ressaltar que o benefício do exame deve ser sempre maior que o risco do transporte. A tabela 13 lista alguns sinais fisiológicos de alerta para reavaliar o transporte do paciente internado na UTI, retirados do documento Plano de Transporte.

Tabela 13 - Sinais fisiológicos de alerta para reavaliar o transporte do paciente

1.	Uso de bloqueador neuromuscular
2.	Dependente de ventilação não invasiva
3.	Mais do que dois drenos de tórax e/ou sem condições de tolerar dreno em selo d'água
4.	Instabilidade hemodinâmica – doses elevadas de vasopressor
5.	Persistência de choque hemorrágico
6.	Hipertensão intracraniana não controlada
7.	Mais de 4 Bombas de Infusão no transporte
8.	Abdômen aberto com vísceras expostas
9.	Fratura de coluna cervical instável

Na etapa 2 o médico residente da equipe liga para a UR para marcar o exame. O mesmo médico solicitante comunica à equipe de enfermagem o agendamento da realização

do exame. Da mesma forma, o técnico da UR que marcou o exame comunica à CUT, que registra em uma planilha eletrônica a data e o horário que este irá ocorrer (etapa 3). De forma geral, os exames de tomografia sempre acontecem no turno seguinte ao da solicitação (por exemplo, se foi marcado pela manhã, o exame acontece na parte da tarde) e os de ressonância, por ser um exame mais demorado e com menos disponibilidade de encaixes, sua realização pode variar entre um ou mais dias.

Na troca de turno, a equipe médica e de enfermagem conversam sobre a manutenção do planejamento de exame, bem como checam ausência de contraindicações para os procedimentos complementares e verificam os alertas para reavaliar o transporte (tabela 13). O médico e o enfermeiro discutem quem fará parte da equipe de transporte e como será o transporte em termos de equipamentos necessários, com base na avaliação do paciente.

Na etapa 4, que acontece entre 30 a 15 minutos antes do horário marcado para o exame, o técnico da CUT liga para a UTI e comunica que está indo buscar o paciente. Caso for decidido pela equipe da UTI que o exame não irá acontecer, pois o paciente está instável e, sendo assim, é arriscado o transporte, a UTI comunica o técnico de que o exame foi cancelado. Contudo, essa comunicação por parte da CUT não ocorre sempre, e muitas vezes o técnico sobe até a UTI e descobre lá que o transporte não irá ocorrer.

A etapa 5 também inicia 30 a 15 min antes do horário marcado para o exame, e diz respeito ao preparo do paciente para o transporte. No preparo do paciente, o técnico de enfermagem afere e registra os sinais vitais, testa o monitor cardíaco e faz a aspiração das vias aéreas. Já o médico e enfermeiro, além de conferir conexões de tubos, sondas e cateteres, instalam e estabilizam o paciente no ventilador de transporte pelo menos 15 minutos antes da saída da UTI. E, caso o paciente seja encaminhado para exame que envolva uso de contraste, um acesso periférico é providenciado antes da saída da UTI.

Esta etapa também implica em algumas operações relacionadas à organização de materiais, equipamentos e medicamentos que devem ir junto ao transporte. O médico verifica se a quantidade de medicamentos da maleta de primeiros socorros está adequada ao transporte do paciente, pois, se necessário outros medicamentos, estes devem ser prescritos antes do transporte. É de responsabilidade do técnico de enfermagem testar a bolsa de ressuscitação manual (ambu) antes da saída, buscar o torpedo de O₂, providenciar a maleta de transporte que deve estar conferida e lacrada e organizar outros materiais

conforme planejado. A tabela 14 mostra os materiais e equipamentos que são organizados para o transporte, conforma o documento Plano de Transporte, e a figura 19 mostra o posicionamento destes materiais e equipamentos na mesa de transporte, que é afixada na cama Hill-Rom (leito do paciente).

Tabela 14 - Materiais e equipamentos para o transporte

Equipamentos/materiais	Quando devem ser levados no transporte
Monitor de transporte	Deve estar presente em todos os transportes
Torpedo de oxigênio	Deve estar presente em todos os transportes
Bomba de infusão	Não são desconectados do paciente, por isso devem estar presentes em todos os transportes
Maleta de primeiros socorros (medicamentos, seringas e agulhas)	A maleta está presente em todos os transportes. Dependendo da gravidade do paciente, os medicamentos na maleta podem mudar
Ventilar de transporte	Em caso de paciente com ventilação mecânica
Desfibrilador	Pacientes em potencial parada cardíaca

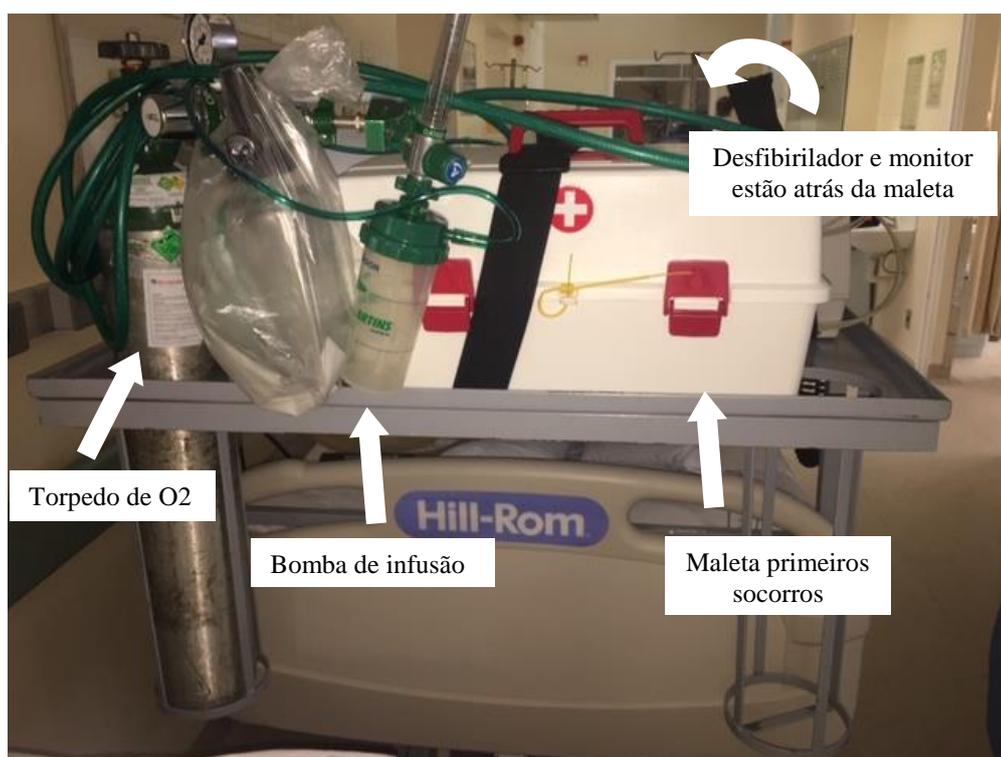


Figura 19 - Posicionamento dos materiais e equipamentos para o transporte

Existe um *check list* desenvolvido pelo hospital para certificar as condições do serviço de transporte do paciente internado na UTI. Seu intuito é atestar que todos os itens da lista foram cumpridos de acordo com o programado. Ao final do preparo do paciente,

enquanto se aguarda o tempo mínimo de ventilação no ventilador de transporte (15 min), o médico deverá aplicar o check list. Todos os itens do check list devem ser lidos em voz alta pelo médico e checados após a confirmação do técnico de enfermagem e/ou enfermeiro. Dentre os itens que devem ser verificados, estão a definição da equipe de transporte, a conferência de todos os materiais e equipamentos que devem ser levados no transporte e o registro da via que deve ser usada em caso de urgência, para agilizar a infusão da droga. A equipe conta com pelo menos um médico residente e um técnico de enfermagem da UTI, além do técnico da enfermagem da CUT. O formulário de check list fica armazenado em pasta específica, nas salas de prescrição médica. Após a aplicação (no retorno do transporte), este deverá ser arquivado na mesma pasta. Em relação aos itens contidos no check list, foram validados por meio de 3 simulações realísticas na UTI, envolvendo os técnicos e residentes. Ao todo, o preparo do paciente dura entre 15 e 30 min, acrescido do tempo de 15 min de ventilação e a aplicação do check list antes de sair da UTI.

Ainda sobre o preparo do paciente, cabe ressaltar que, até o final do ano de 2018, os transportes eram realizados por meio de um elevador que não comportava a cama Hill-Rom. Portanto, durante o preparo, era feita a transferência do paciente para uma cama de transporte, mais estreita. A partir de janeiro de 2019 o transporte passou a ser feito por um elevador novo, que comporta a cama Hill-Rom, não havendo a necessidade de transferência para a maca de transporte. A pesquisadora conseguiu acompanhar estas duas fases do transporte.

Após o preparo do paciente, na etapa 6, o técnico da CUT (que está na UTI) liga para a UR para comunicar que o paciente vai descer. A UR, por sua vez, confirma a liberação do equipamento da radiologia, que deve estar desocupado e a sala de exames preparada para receber em prontidão o paciente.

Para a etapa 7 – o transporte do paciente – a equipe deve acionar a ascensorista pelo BIP, e encaminhar-se ao elevador. É obrigatória a presença da ascensorista a fim de evitar que o elevador realize paradas em outros andares. Contudo, a equipe muitas vezes não chama a ascensorista, e aguarda em frente ao elevador. Nestas ocasiões, foi observada uma espera pelo elevador de 30 segundos à 1 minuto.

Durante o transporte, a segurança das conexões elétricas deve ser mantida. Além disso, como pode ser observado na figura 20, deve-se deixar um espaço ao fundo do

elevador, para que se possa manejar os equipamentos como a maleta de primeiros socorros, caso seja necessário.

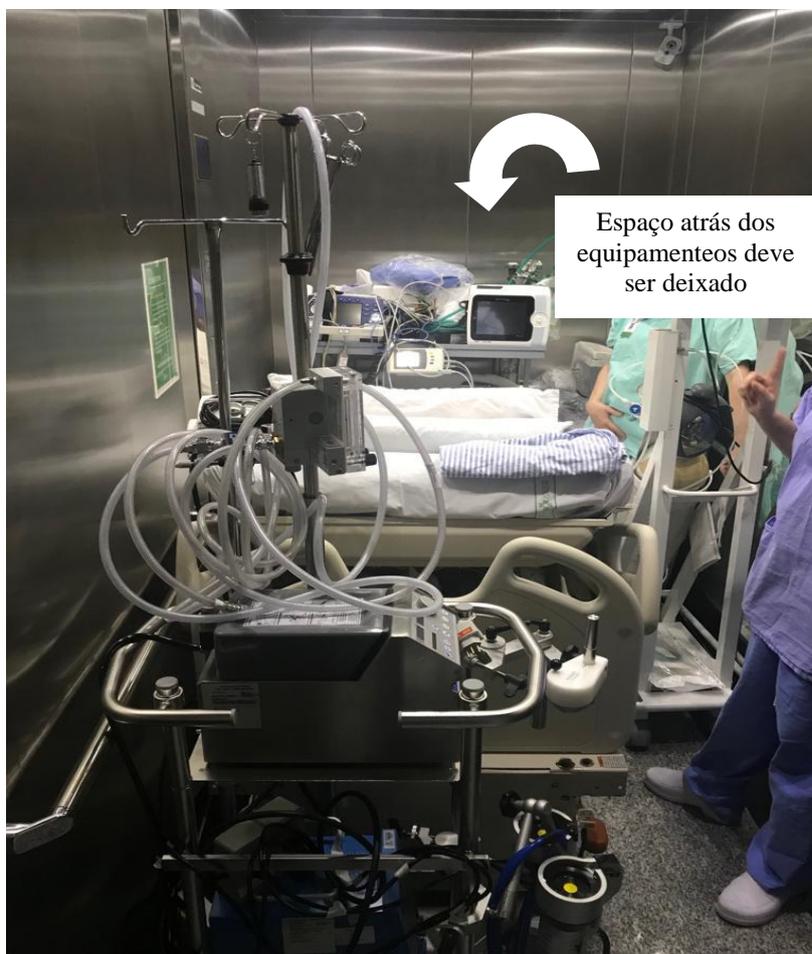


Figura 20 - Transporte do paciente no elevador

Na chegada à porta da sala de exame, algumas vezes há a espera, podendo acontecer por dois motivos: a sala ainda está sendo preparada ou ainda está ocupada por outro paciente. Nas observações obtidas, esta espera variou de 1 a 5 minutos.

Para a etapa 8 – preparação para a realização do exame – a equipe que transporta deve passar para a equipe que recebe o paciente, todas as informações importantes para assegurar a continuidade do cuidado. A equipe de transporte deverá permanecer no local na ausência de equipe qualificada para manter os cuidados do paciente. O médico residente deverá ser responsável pela estabilidade do paciente, observando atentamente e continuamente os monitores e o paciente. Ainda na etapa 8, após o recebimento do

paciente na sala de exame, o paciente é transferido para a mesa de exame, com a ajuda da equipe de transporte e do técnico de radiologia.

Durante a realização do exame (etapa 9), a segurança das conexões elétricas e oxigênio devem ser garantidos. A equipe deve posicionar o monitor de transporte de forma visível para fora da sala de exame, com a finalidade de manter o monitoramento, já que os profissionais devem sair da sala durante a execução de tomografias e ressonâncias magnéticas. Além disso, a cama Hill-Rom deve ser plugada na tomada, para estar carregada até a volta à UTI.

Após a realização do exame, o paciente é recolocado na cama Hill-Rom, retorna para a UTI (etapa 10) e é reposicionada as conexões originais do paciente no leito (etapa 11). O técnico de enfermagem deve fazer o registro dos sinais vitais na chegada à UTI no formulário de controle intensivo. Já o médico, deve prescrever os medicamentos utilizados da maleta de transporte, se for o caso, para reposição. Intercorrências referentes aos parâmetros de ventilação e hemodinâmicos deverão ser registrados pelo médico residente no intensivo do paciente e no verso do check list, além de notificadas à Gerência de Risco do hospital. Caso ocorra algum evento adverso (incidente com dano ao paciente) deverá ser imediatamente comunicado à chefia médica da UTI e no sistema para a Gerência de Risco.

Na etapa 12, há o envio do laudo para a UTI, via sistema. O médico radiologista leva em torno de 2 a 5 horas para laudar o exame e enviá-lo. Vale ressaltar que, quando o exame necessita uma resposta imediata por conta da gravidade do paciente, o médico radiologista é chamado ao local durante a realização do exame e discute o resultado com o médico da UTI, proporcionando o chamado pré-laudo. Por fim, a partir dos resultados do exame, os médicos intensivistas decidem sobre o tratamento do paciente (etapa 13).

Em relação aos principais perigos de acidente ao longo do fluxo, o paciente pode ficar instável, tanto durante o transporte, quanto na transferência para a mesa de exame ou mesmo durante a realização do exame. Além disso, há o risco de não conferência correta de tubos, cateteres e demais equipamentos presentes no transporte, que se forem necessários e não estiverem funcionando da forma correta, podem causar dano ao paciente. Uma questão que emergiu de uma entrevista com um paciente internado na UTI, é a falta de cuidado no manejo da cama durante o transporte. De acordo com o paciente, “os profissionais são demasiado apressados com o manejo das camas”, causando um certo desconforto.

4.2.2 Avaliação dos atributos de sistemas de produção puxada

A avaliação dos atributos de SPP foi feita com base nos atributos do módulo (ii) do MASPP. Em relação à categoria Estabilidade, 1 atributo foi assinalado como *aplicado*, 4 atributos foram assinalados como *parcialmente aplicados* e 1 atributo *não se aplica* ao fluxo. A tabela 15 mostra a avaliação da categoria.

Tabela 15 - Avaliação da categoria Estabilidade

Atributos		A	PA	NA	NSA	Observações/ fontes de variabilidade
Estabilidade dos 4 M's						
E1	O fluxo de valor possui estabilidade em relação ao método		X			Há um protocolo chamado Plano de Transporte, há POP's para o transporte e um checklist para verificar condições do transporte. Foi observada a não aderência ao padrão previsto pelo protocolo nas etapas 5, 7, 9, 10 e 11.
E2	O fluxo de valor possui estabilidade em relação à mão-de-obra		X			Há rotatividade de médicos residentes.
E3	O fluxo de valor possui estabilidade em relação aos materiais e informações		X			Falta estabilidade em relação ao fluxo de informações ao longo das etapas. Foi observada falta de comunicação entre funcionários nas etapas 2 e 4
E4	O fluxo de valor possui estabilidade em relação às máquinas/ equipamentos	X				É feita manutenção preventiva e corretiva nas máquinas de tomografia e ressonância e dos equipamentos de transporte
Estabilidade dos clientes e fornecedores						
E5	O cliente possui estabilidade ao longo do fluxo de valor		X			Muitas vezes há a instabilidade do paciente ao longo do fluxo. O risco principal de instabilidade é durante as etapas 7 e 10 (transporte)
E6	Os fornecedores externos à empresa, caso façam parte do fluxo puxado, possuem frequência padronizada de entrega e são estáveis				X	

O atributo E1 foi considerado parcialmente aplicado. Nas etapas 5, 7, 9, 10 e 11, foi observada a não aderência ao padrão previsto pelo protocolo “Plano de transporte do paciente”. A tabela 16 resume as fontes de variabilidade presentes em cada uma destas etapas.

Tabela 16 - Fontes de variabilidade existentes nas etapas 5, 7, 9, 10 e 11

Etapas do fluxo	Fontes de variabilidade	Fontes de evidência
(5) Preparar paciente para o	A via que deve ser utilizada do paciente em caso de urgência nem sempre é identificada	Observação

transporte	Check list para transporte nem sempre é utilizado	Observação
	Ascensorista nem sempre é bipada, e quando isto ocorre há espera pelo elevador, de 30 segundos à 1 minuto	Observação
	Médico por vezes apenas verifica se a maleta está disposta na mesa de transporte, não se certifica se todos os medicamentos necessários estão nela	Observação
(7) e (10) Transporte	A equipe por vezes encamina-se ao elevador sem bipar a ascensorista, ocasionando a espera pelo elevador e podendo ocorrer a parada do elevador em diversos andares	Observação
	Nem sempre é deixado um espaço ao fundo do elevador para acesso aos equipamentos em caso de urgência	Observação
	Falta de cuidado com o manejo da cama	Entrevista
(9) Realizar o exame	Descuido com a cama Hill-Rom, que queimou pois foi ligada em uma tomada 220 V na sala de exame	Entrevista
(11) Recompôr paciente no leito	O médico nem sempre prescreve os medicamentos utilizados da maleta de transporte para a reposição, se for o caso de algum ter sido utilizado	Entrevista

Quanto ao atributo E2, que foi considerado parcialmente aplicado, em uma das entrevistas com a chefe de enfermagem da UTI, foi relatada alta rotatividade de médicos residentes. Isto pode ser explicado pelo fato de ser um hospital de ensino, em que a cada ano novos residentes se formam e outros são selecionados. A rotatividade foi vista como prejudicial, pois há uma curva de aprendizado em que o residente passa até entender todas as rotinas de trabalho e se sentir seguro para realizá-las. Portanto, um maior investimento em treinamentos para os residentes deveria ser feito, para compensar essa rotatividade, que é inerente ao hospital, por ser uma instituição focada no ensino.

Relacionado ao atributo E3, este foi considerado parcialmente aplicado. Foi observada a falta estabilidade em relação ao fluxo de informações, observadas nas etapas 2 e 4. Na etapa 2, há a marcação do exame com a UR. Como cada equipe é responsável pelo seu paciente, e o residente de cada equipe marca diretamente com a UR o exame, muitos destes são marcados para o mesmo turno, ou pior, na mesma faixa de horário. Dessa forma, há uma baixa na equipe de cuidado dos pacientes no momento em que vários integrantes descem para o transporte. Há um desequilíbrio no cuidado, pois, se antes um técnico era responsável por 2 pacientes, nessa ocasião pode mudar para 4 pacientes, por exemplo.

Ainda relacionado ao atributo E3, a comunicação por parte da CUT de que o técnico está indo buscar o paciente não ocorre sempre. Muitas vezes, o técnico sobe até a UTI e descobre lá que o exame não irá ocorrer pois o paciente não está estável o suficiente para ser transportado.

Quanto ao atributo E4 (totalmente aplicado), é feita manutenção preventiva e corretiva nas máquinas de tomografia e ressonância. O plano de manutenção estipula uma agenda bimensal de manutenção preventiva para as máquinas de ressonância e tomografia, e outra agenda mensal, para os equipamentos de transporte, como monitores e ventiladores.

Em relação à categoria Projeto do sistema, 2 dos atributos foram assinalados como aplicados, 8 como parcialmente aplicados e 4 como não aplicados e 1 não aplicável, o atributo Plano Para Cada Peça (PPCP). A tabela 17 mostra a avaliação da categoria.

Tabela 17 - Avaliação da categoria Projeto do sistema

Atributos		A	PA	NA	NSA	Observações/ fontes de variabilidade
Ferramentas						
P1	Uso de ferramenta para análise do fluxo (mapa de fluxo de valor do estado atual e futuro, Diagramas de Raias e Spaghetti)	X				Diagrama de Raias foi aplicado para o entendimento do fluxo de informações no processo de transporte.
Liderança						
P2	Existência de um gerente do fluxo de valor puxado			X		Não há um coordenador para o transporte do paciente internado na UTI, nem ao menos um responsável na UTI para a marcação de exames.
P3	Existência de rotinas de gerenciamento diário			X		Não há reuniões diárias formais sobre o transporte do paciente internado na UTI, apenas a discussão nos rounds. Não há reuniões diárias formais na UR.
P4	Os trabalhadores de nível operacional e gerencial, envolvidos diretamente no sistema puxado, entendem como o sistema funciona e porque funciona dessa forma		X			Não há o mesmo entendimento de todos os envolvidos sobre como o fluxo deve funcionar.
Dimensionamento						
P5	É adotado um método para dimensionamento dos estoques (matérias-primas, em processo, produto acabado)			X		Não é feito um dimensionamento apropriado, geralmente todos os insumos são superdimensionados, para não faltar.
P6	Existem folgas (recursos reserva, de qualquer natureza, que podem ser usados quando necessário) para lidar com a variabilidade da demanda e da disponibilidade de recursos	X				Multifuncionalidade de funcionários, macas reserva para transporte, possibilidade de uso do elevador antigo, profissionais da UR de sobreaviso
P7	Existe uma frequência definida para revisão do dimensionamento de estoques			X		Não há um dimensionamento, portanto não há a revisão do dimensionamento. Contudo, mesmo sendo estoques elevados, há a conferência diária por parte da farmácia da UTI e da UR dos insumos utilizados, sendo solicitados via requisições diárias para a CAF
Layout e logística de abastecimento						
P8	O estoque está disposto de forma a facilitar a logística interna e externa		X			Com excessão de pacientes em hemodiálise, pela falta de espaço e por

			questões de segurança, não é possível deixar medicações ao lado do leito. As medicações e demais insumos precisam ser buscadas nos postos de enfermagem
P9	Há dispositivos de gestão visual para comunicação entre os processos	X	Não há existência de quadros na UTI mostrando os exames de todas as equipes que foram marcados para o dia.
P10	Existência de trabalho padronizado do movimentador	X	Técnico da CUT e técnico e residente da UTI possuem rota e rotina padronizada para o transporte do paciente, previsto no protocolo Plano de transporte. Foi observada a não aderência ao padrão de movimentação do funcionário da CUT.
P11	Presença de dispositivos padronizados para armazenamento de materiais	X	Na radiologia e na farmácia da UTI há dispositivos padronizados, e de fácil identificação
P12	Presença de equipamentos padronizados para movimentação/ transporte de materiais ou pessoas	X	Carrinhos de transporte com problema nas rodas, dificultando o uso
P13	Existência de Plano Para Cada Peça (PPCP)		X
P14	Existência de Plano Para Cada Cliente (PPCC)	X	Há a existência do plano, o que acontece às vezes é a não evolução de algum plano/ medicamento/ diagnóstico no sistema

Quanto ao atributo P1, o Diagrama de Raias foi aplicado para representar o fluxo de informações presentes no processo de transporte. Esse Diagrama serviu como base para a criação do Plano do transporte do Paciente Crítico, um protocolo criado pelo hospital para padronizar este processo de transporte da UTI para a UR e Bloco Cirúrgico. Já o MFV aplicado anteriormente em outros fluxos de transporte para a UR porém não em relação à UTI. O Mapa de Fluxo de Valor (MFV) atual foi utilizado anteriormente em outros fluxos de transporte para a UR porém não em relação à UTI.

Em relação ao atributo P2 e P3, foi observada a ausência de um coordenador para o transporte do paciente internado na UTI, ou de ao menos um responsável na UTI pela coordenação e marcação de exames com a UR, para que os exames não sejam marcados em horários muito próximos um do outro. Além disso, não há reuniões diárias formais sobre o transporte do paciente internado na UTI, apenas a discussão nos *rounds* clínicos. Na UR, também não há reuniões diárias formais.

Já para o atributo P4 (parcialmente aplicado), não há o mesmo entendimento de todos os envolvidos sobre como o fluxo deve funcionar. Os funcionários que trabalham na UR não entendem os processos da UTI e vice-versa. Por exemplo, foi relatado pela chefia

da enfermagem da UTI que, muitas vezes, o técnico da CUT não sobe até a UTI para auxiliar com o transporte, ou por vezes se atrasa. Em contrapartida, foi relatado por uma enfermeira da UR que muitas vezes a UTI não avisa que o exame foi cancelado. Sendo que, o Plano de Transporte do Paciente Crítico especifica que o técnico da CUT, antes de se deslocar até a UTI, deve ligar para a unidade, pois há a chance do exame ser cancelado por conta da instabilidade do paciente.

Os atributos P5 e P7 foram assinalados como não aplicados. Em relação ao atributo P5, não é feito um dimensionamento apropriado para os estoques, tanto na UR quanto na farmácia da UTI. De maneira geral, os insumos são superdimensionados, para não faltar. Já em relação ao atributo P7, não há um dimensionamento, portanto não há a revisão do dimensionamento. O que existe é a conferência diária por parte da farmácia da UTI e da UR dos insumos utilizados, sendo solicitados via requisições diárias para a CAF. Esta informação foi capturada por entrevistas e por observações dos estoques na UTI e na UR.

Quanto ao atributo P6, as folgas existentes no sistema são: a multifuncionalidade de funcionários (ex. outro técnico da UTI pode realizar o transporte até UR, na falta de técnico da CUT); maca reserva para transporte; possibilidade de uso do elevador antigo; e técnico de radiologia e médico radiologista de sobreaviso durante o turno da noite, caso haja necessidade de realizar e laudar algum exame de urgência.

Quanto ao atributo P8, este foi considerado parcialmente aplicado. Com excessão de pacientes em hemodiálise, pela falta de espaço e por questões de segurança, não é possível deixar medicações ao lado do leito. As medicações e demais insumos precisam ser buscadas nos postos de enfermagem.

Em relação ao atributo P9, este também foi considerado parcialmente aplicado. Não há existência de quadros na UTI indicando exames que estão marcados para o dia. Apenas a utilização de um quadro em uma televisão disposta no posto de enfermagem da UTI, que mostra quais leitos estão ocupados, quais estão em limpeza e quais estão momentaneamente desocupados porque o paciente está realizando exame ou outro procedimento fora da UTI. Além disso, em cada leito uma folha A4 fixada com o plano de cuidado diário do paciente, indicando todos os procedimentos que ele fará no dia. Porém, esta folha não indica se o procedimento já foi realizado, e se não foi qual horário será realizado. Também não há a existência de um quadro na UTI que mostre visualmente para

as equipes todos os exames que estão marcados para o dia, indicando os realizados, cancelados e a realizar.

Técnico da CUT e técnico e residente da UTI possuem rota e rotina padronizada para o transporte do paciente, previsto no protocolo Plano de Transporte do Paciente. Foi observada a não aderência ao padrão de movimentação do funcionário da CUT. Nesta ocasião, o técnico da CUT apenas buscou o paciente para o exame, não ajudou a equipe a levá-lo novamente para a UTI.

O atributo P11, que avaliam se os estoques estão dispostos de forma adequada e padronizada, foi considerado totalmente aplicado. A figura 21 mostra um dos estoques de materiais e medicamentos, este presente na sala de exame da UR. Este estoque contém insumos para injeção do contraste em pacientes, bem como medicamentos para primeiros socorros. Como se pode observar na foto, os *containers* são organizados por tipo de medicamento/ insumo, e possuem uma etiqueta os identificando.



Figura 21 - Estoque de materiais na sala de exame

Já o atributo P12, neste caso avalia se existem equipamentos adequados e padronizados para o transporte de pacientes. Foi relatado pelos técnicos e médicos que muitas macas que eram utilizadas para o transporte pelo elevador antigo possuíam problema nas rodas, dificultando o manejo. Atualmente, não houveram relatos negativos no que diz respeito ao transporte feito com a cama Hill-Rom. Inclusive, acoplada à cama, há atualmente uma mesa para dispor todos os materiais/ equipamentos para o transporte. O que não acontecia anteriormente, pois o monitor e a maleta de primeiros socorros ficavam dispostos em cima da maca, ao pé do paciente.

Em relação ao atributo P14, há a existência de um plano de cuidado para o paciente, o que acontece às vezes é que não há a evolução de algum medicamento, procedimento

realizado ou a realizar, ou exame realizado ou a realizar. Isso pode confundir a equipe de cuidado, pois o prontuário eletrônico estará diferente do físico (em papel). Portanto, este atributo foi considerado parcialmente aplicado.

Em relação à categoria Controle do sistema, 2 dos atributos foram assinalados como *parcialmente aplicado*, 1 como *não aplicado* e 1 foi considerando *não aplicável* considerando o fluxo estudado. A tabela 18 mostra a avaliação da categoria.

Tabela 18 - Avaliação da categoria Controle do sistema

	Atributos	A	PA	NA	NSA	Observações/ fontes de variabilidade
Gestão da demanda externa						
C1	Análise, rastreamento e monitoramento da demanda externa				X	
Indicadores						
C2	Presença de indicadores para monitorar a aderência ao sistema puxado		X			Há apenas o acompanhamento da quantidade exames que tiveram intercorrências ou eventos adversos.
Controle/ acompanhamento interno						
C3	Prática de auditorias internas com frequência padronizada (por exemplo, diária ou semanal)			X		Só visual e verbal, por parte do médico intensivista, não registrada.
C4	Os operadores e gerentes respeitam o limite máximo padronizado para os estoques/ filas		X			A princípio, só há o processo de transporte quando há a liberação para o exame. Porém, algumas vezes há espera excessiva na porta da sala de exame por não liberação das salas.

Em relação ao atributo C2, não há o acompanhamento da quantidade de exames marcados *versus* exames realizados no dia; não há o registro do tempo em que o paciente, durante a realização de exames ou outros procedimentos, fica fora da UTI (zona segura para o cuidado). Há apenas o acompanhamento da quantidade exames que tiveram intercorrências ou eventos adversos. Portanto, este atributo foi considerado parcialmente aplicado.

Quanto ao atributo C3, foi considerado não aplicado. As auditorias internas na UTI acontecem de forma visual e verbal apenas, por parte do médico intensivista. Não é uma atividade padronizada e registrada. Na UR não foi observado nem relatado nas entrevistas a existência de auditoria interna para os processos, a única operação auditada internamente é o funcionamento das máquinas de ressonância e tomografia, relacionado à manutenção preventiva delas.

Por fim, o atributo C4 foi considerado parcialmente aplicado. A princípio, só há o processo de transporte quando há a liberação para o exame. Porém, algumas vezes há espera excessiva na porta da sala de exame por não liberação das salas no momento em que o técnico da CUT avisa a UR que o paciente está descendo.

Outro aspecto que pode ser relacionado ao atributo C4 é possibilidade de marcação de exames de diversas equipes para a mesma faixa de horário. Não há atualmente nenhuma restrição, pois as equipes não se comunicam antes de fazer as marcações com a UR. Isso não deveria ser permitido, pois há o desfalque da equipe que permanece na UTI no momento em que desce mais de um paciente ao mesmo tempo para exame.

Por fim, pode haver congestionamento na porta da sala de exame, por conta da proximidade das salas de tomografia e ressonância magnética. A figura 22 mostra o layout simplificado da disposição das salas de exame na UR.

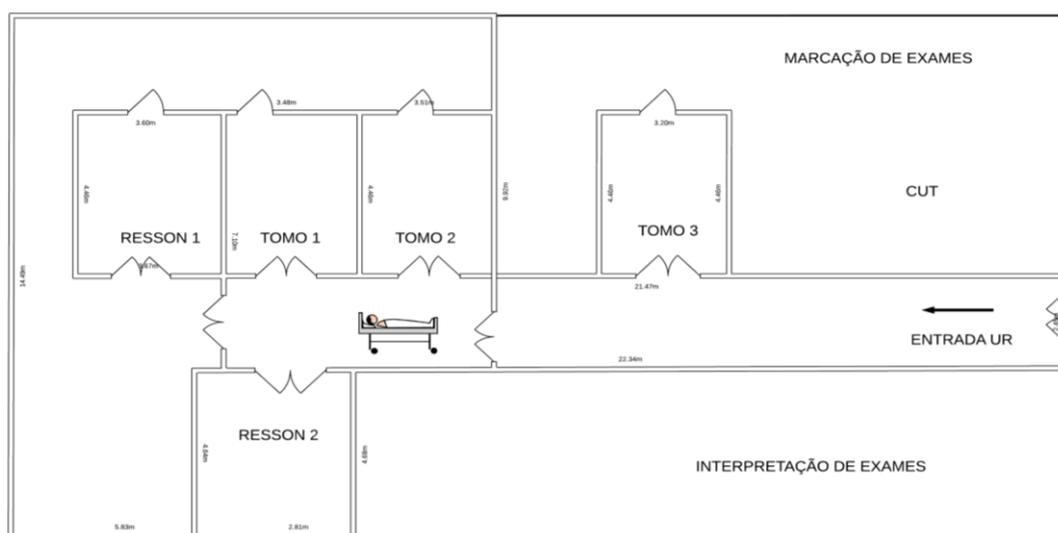


Figura 22 - Croqui da planta baixa da Unidade de Radiologia

Em relação aos *trade-offs* na gestão de Sistemas de Produção Puxada (SPP's), foi identificado um no que diz respeito aos encaixes de exames para a UTI. Como dito anteriormente, os protocolos de Acidente Vascular cerebral (AVC) possuem atendimento prioritário e imediato, enquanto exames solicitados com urgência imediata pela UTI ou demais áreas se enquadram em um segundo patamar de prioridade. Exames solicitados pela UTI que possuem urgência, mas não imediata, por exemplo, recebem um encaixe para o mesmo dia, com horário determinado. Portanto, olhando o fluxo da UTI na perspectiva

da UR, ele faz parte de um sistema empurrado de realização de exames, pois o encaixe "fura a fila" de exames de outros fluxos (ambulatório, emergência e internações), atrasando todos os exames que devem ser feitos.

Um benefício para o fluxo seria a possibilidade de que a programação diária da UR deixasse algumas janelas livres para lidar com os exames de urgência, como os da UTI. Dessa forma, não aconteceria de um paciente, que vindo de outra cidade, não consiga realizar o exame marcado pelo atraso devido aos exames que foram “empurrados” para o próximo dia (este problema foi relatado pela enfermeira chefe da UR).

4.2.3 Escore e oportunidades de melhoria identificadas no caso B

A avaliação de cada atributo foi transformada em um escore final, que representa a nota atribuída para a eficiência do sistema. A tabela 19 mostra o escore final da avaliação feita no estudo de caso B.

Tabela 19 - Escore final da eficiência do sistema

Categoria	Pontuação Final	Pontuação Máxima	Percentual
Estabilidade	3	5	60%
Projeto do Sistema	5,5	13	42%
Controle do Sistema	1	3	33%
Escore Final	9,5	21	45%

Para nortear a priorização das oportunidades de melhoria, considerou-se como críticas as categorias Projeto do sistema e Controle do sistema, que ficaram no limite (entre 0-50%), e como moderada a categoria Estabilidade (entre 51-70%). Para nenhuma categoria foi considerada satisfatória a eficiência do sistema (entre 71-100%).

Na reunião de apresentação e discussão de resultados, foi sugerido priorizar ações de melhoria nas categorias Projeto do sistema e Controle do sistema. É possível perceber que há uma relação entre os atributos dessas duas categorias. Em relação ao atributo P2, por exemplo, uma oportunidade de melhoria seria a criação de um gerente para o transporte de pacientes da UTI para a UR (líder). Este funcionário (podendo ser tanto um residente quanto um enfermeiro) poderia diariamente ranquear todos exames previstos da

UTI de acordo com as urgências, e posteriormente marcar com a UR horários distintos para todos os exames, de forma que a equipe da UTI não fique desfalcada como acontece atualmente (quando há mais de um transporte ao mesmo tempo). A UTI também se beneficiaria de um quadro mostrando visualmente todos os exames que estão marcados para o dia, indicando quais “a realizar” e quais “realizados” (atributo P9).

Em relação ao papel do líder, foi reconhecido a sua importância por parte dos representantes, e gerou a discussão sobre quem poderia ser esse líder para o fluxo da pacientes até a UR. Foi sugerido pelo chefe de riscos do hospital de que o gerente do fluxo fosse um funcionário de cargo administrativo. Já a chefe de enfermagem sugeriu que fosse de responsabilidade de um residente ou de um enfermeiro, por terem um *know-how* dos processos da UTI. Em relação ao quadro de gestão visual dos exames, foi outra oportunidade de melhoria bem recebida pelos representantes, gerando a discussão sobre onde seria o melhor local para colocá-lo na UTI, de forma que fosse visível para todas as equipes.

Outro problema relatado por meio de entrevistas, e que foi discutido nas reuniões de *feedback*, foi o congestionamento na porta da sala de exames. A espera dentro do corredor interno, como acontece atualmente, causa o congestionamento de macas de pacientes que saem do exame com os pacientes que entram para a sala. Uma oportunidade de melhoria seria aguardar a liberação do corredor interno no corredor externo da UR, como mostra a figura 23.

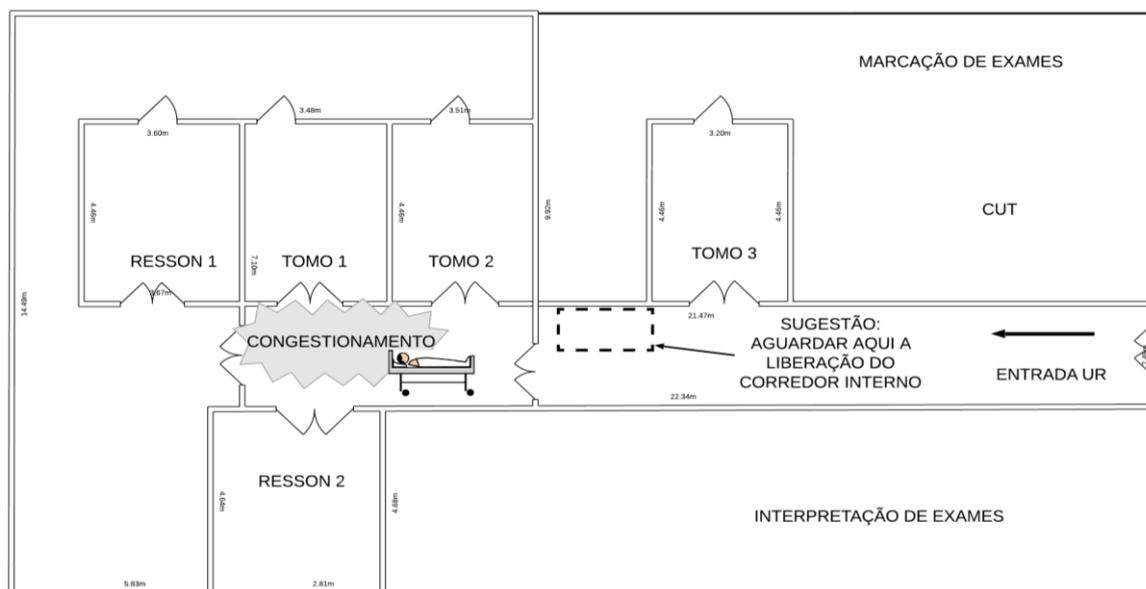


Figura 23 - Oportunidade de melhoria no aguardo da liberação do corredor interno da UR

Outra oportunidade de melhoria, esta discutida na reunião de apresentação e discussão dos resultados, foi a possibilidade de que a programação diária da UR deixasse algumas janelas livres para lidar com os exames de urgência, como os da UTI. Dessa forma, não haveria a remarcação de exames programados no dia (do ambulatório, da emergência, de internações e de pacientes externos) para o outro dia, por falta de tempo.

Por fim, em relação à avaliação do método, foi questionado aos 3 representantes se eles viam utilidade na aplicação do MASPP no sistema alvo escolhido, e se viam a utilidade dele para a análise de outros fluxos do hospital, futuramente. Foi relatado que como o lean não é do conhecimento da maioria dos funcionários, alguns dos atributos provavelmente trariam algum tipo de confusão. Contudo, com os exemplos dados no MASPP (ver APÊNDICE B) os atributos eram mais facilmente entendidos.

4.3 ESTUDO DE CASO C – CONSTRUÇÃO CIVIL

4.3.1 Caracterização do sistema alvo da empresa C

A empresa C é uma construtora e incorporadora de grande porte que atua nacionalmente com uma engenharia de alto padrão no ramo da construção civil. Para o

Estudo de Caso, foi escolhido como sistema alvo o fluxo de elevação de alvenaria em um empreendimento em construção desta empresa.

Em relação à implantação do lean na empresa, a aplicação de conceitos e técnicas iniciou em 2010, com treinamentos e *workshops* específicos sobre o lean construction (LC), realizados por alguns engenheiros da empresa. A empresa atualmente faz uso de algumas ferramentas do LC, como a utilização sistema last planner e do Percentual de Planos Concluídos (PPC). A tabela 20 mostra as ferramentas que são adotadas na empresa.

Tabela 20 - Ferramentas utilizadas na empresa

Ferramentas utilizadas	O que é	Qual o objetivo
Sistema last planner	Planejamento de curto prazo da obra (horizonte semanal)	Estabelecer diretrizes claras e imediatas para a obra
Auditorias do PPC	Check list que lista as atividades de curto prazo planejadas. O engenheiro júnior da obra toda a quinta-feira identifica quais das atividades planejadas foram realizadas x não realizadas	O controle é feito para propiciar, neste mesmo período, um planejamento de curto prazo e obtenção de resultados, para que, nos casos de correções, estas possam ser feitas ainda durante os serviços em andamento e não para constatar uma deficiência já ocorrida
Reuniões do PPC	Reunião semanal (nas sextas-feiras) entre encarregados e supervisores de campo (eng., eng. júnior e estagiário)	Avaliar a pertinência da programação e propor soluções para interferências, conflitos e restrições no campo
Prototipagem	Execução do primeiro pavimento tipo, fazendo a medição de quantidade de material gasto, dimensionamento da equipe e medição de sua produtividade (m ² /pedreiro/dia)	Padronizar a atividade de elevação e marcação da alvenaria e evitar desperdícios de materiais nos próximos pavimentos
<i>Kits</i>	Conjunto de blocos que compõe uma parede, ou parte de uma parede	Baseado no sistema <i>kanban</i> , a utilização de kits permite enviar somente o material necessário, diretamente ao seu ponto de uso
Quadro de pedido dos <i>kits</i>	Quadro presente no pavimento que está sendo executada a alvenaria, por meio do qual os pedreiros sinalizam pedidos de <i>kits</i> para a execução da próxima parede	Baseado no quadro <i>kanban</i> , a utilização deste quadro de pedidos permite o disparo do pedido de um <i>kit</i> sem comunicação verbal com o movimentador

O projeto do empreendimento prevê 15 andares, e o tempo planejado para a execução da alvenaria foi 4 meses. Portanto, a alvenaria em cada pavimento é executada em 1 semana. A equipe trabalha de segunda à sexta das 8h às 12h e das 14h às 18h. Foi acompanhada pela pesquisadora a elevação de 6 pavimentos.

O serviço de elevação, além dos demais serviços da obra, como concretagem, pintura e reboco, são realizados por empresas empreiteiras, cada uma responsável por um

tipo de serviço. No fluxo da alvenaria, a empreiteira trabalha com uma equipe de 8 funcionários dedicados. Cada empreiteira responde diretamente ao engenheiro da obra.

A partir do planejamento de longo prazo, o engenheiro da obra planeja todas as atividades a serem realizadas no mês (horizonte de 4 semanas). Ele libera ordens de produção, montagem ou compra, de modo a assegurar que todos os recursos necessários para a execução de um serviço existente no plano de longo prazo estejam disponíveis nos momentos certos. A revisão e atualização deste planejamento é realizada de maneira mensal. A compra de materiais e equipamentos, citada anteriormente, é realizada pelo setor de suprimentos localizado no escritório da obra.

A partir do planejamento de médio prazo, são obtidos pacotes de trabalho possíveis de serem executados no horizonte semanal. O planejamento de curto prazo da produção é feito pelo engenheiro da obra, que discute nas reuniões semanais do PPC as diretrizes de produção imediatas com demais funcionários, como estagiário, engenheiro júnior, mestres de obra e encarregados das empreiteiras.

As auditorias semanais do PPC, que são feitas nas quintas-feiras pelo engenheiro júnior da obra, monitoram eventuais desvios que possam ocorrer na semana. Já as reuniões do PPC, que acontecem nas sextas-feiras, além de discutir as atividades que serão executadas na próxima semana, identificam as causas pelas quais as tarefas da semana se atrasaram ou não se iniciaram conforme planejado.

Os processos de elevação da alvenaria incluem o armazenamento de materiais e a produção de argamassa, que acontecem no andar térreo, e a marcação, elevação e o encunhamento da alvenaria, que acontecem nos pavimentos superiores, conforme a elevação da edificação. A figura 24 mostra a representação do fluxo de elevação da alvenaria, desenvolvida para este estudo de caso.

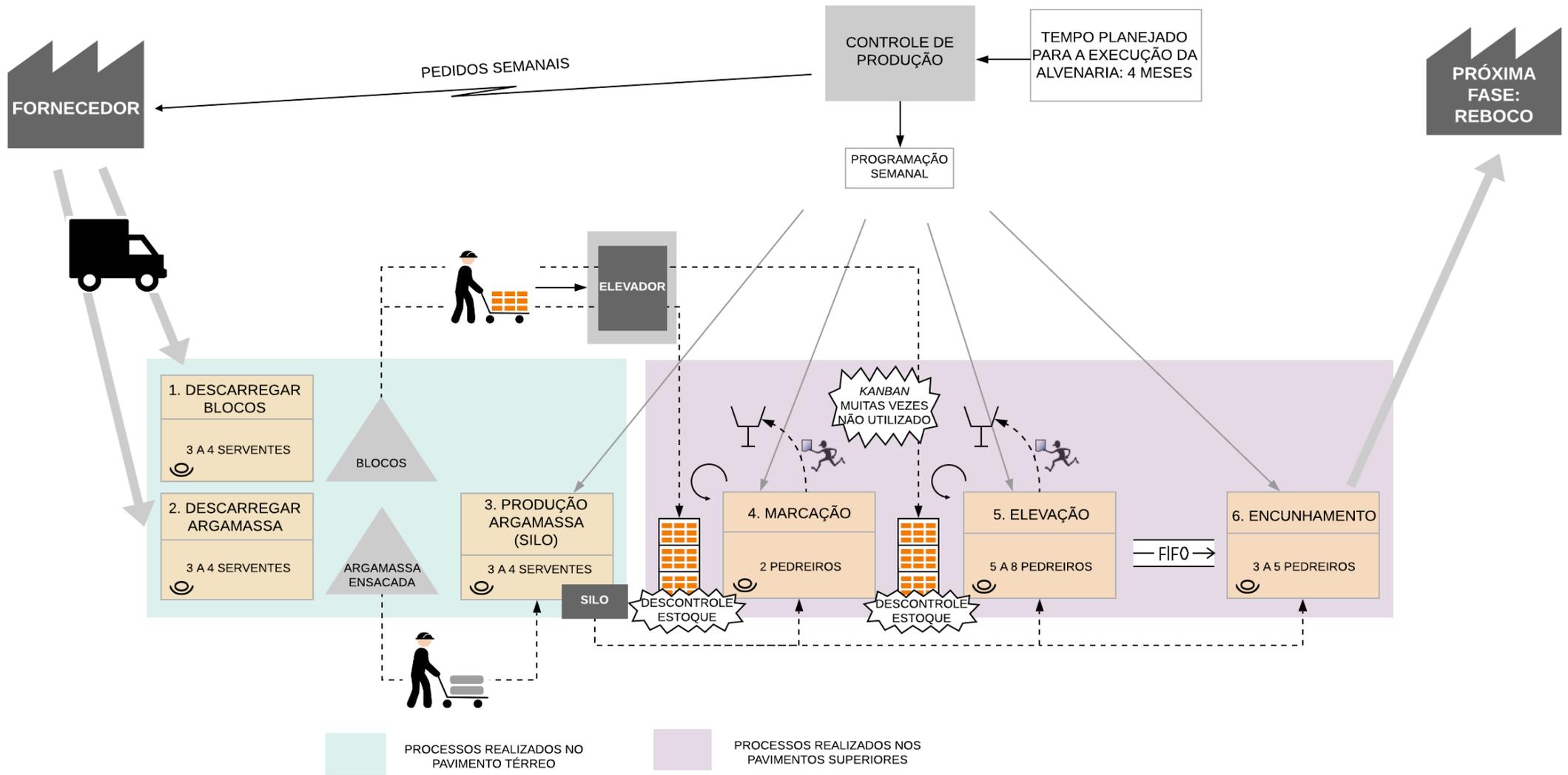


Figura 24 - Representação do fluxo de elevação de alvenaria

O mapeamento da execução da alvenaria (figura 24) traz a representação dos processos que acontecem no andar térreo (faixa azul), e dos processos que ocorrem nos andares superiores (faixa lilás).

As etapas 1 e 2 do mapa dizem respeito ao armazenamento dos blocos e sacos de argamassa no andar térreo. Este processo é realizado por 3 a 4 serventes. O estoque de blocos e de argamassa é de 2,5 dias, e o *lead time* do fornecedor é de 2 dias (entregas são feitas nas terças e quintas).

Em relação à produção de argamassa (etapa 3), é liberada conforme solicitação dos pedreiros ao servente, que é responsável por despejar os sacos de argamassa no silo. O silo faz a mistura e bombeia a argamassa para os pavimentos superiores, com a ajuda de um misturador e de um projetor. O custo-benefício deste tipo de solução acaba sendo mais atrativo para a empresa, devido à velocidade na execução, limpeza na obra e redução de mão de obra excessiva, quando comparado à utilização da argamassa chapada à mão, pois parte da logística está no equipamento, que bombeia o produto diretamente no pavimento em que será utilizado.

Já a etapa 4 diz respeito à marcação da alvenaria. A etapa de marcação possui duração de 1 a 2 dias, e participam do processo 1 servente e 2 a 3 pedreiros. Como a execução da marcação da alvenaria se inicia na quinta-feira, o abastecimento de blocos ocorre na quarta-feira. Um servente, chamado movimentador, é dedicado ao abastecimento de blocos, tanto para a marcação quanto para a elevação da alvenaria.

A etapa 5, elevação da alvenaria possui duração de 5 dias, e participam do processo 5 a 8 pedreiros e dois serventes, além do movimentador de blocos. Como a elevação da alvenaria se inicia na segunda-feira, o abastecimento dos primeiros *kits* de blocos ocorre na sexta-feira. O transporte dos *kits* acontece conforme o documento Sequência de Abastecimento. Este documento especifica qual a ordem de abastecimento dos kits pelo movimentador, e qual pedreiro é responsável pela execução de cada uma das vistas.

Cada *kit* corresponde à uma vista ou parte de uma vista (dependendo da metragem quadrada da vista, pode existir uma com mais de um, dois, três *kits* associados). Ainda em relação à elevação (etapa 5), os *kits* são solicitados por meio de um quadro visual. Além da solicitação de kits, o quadro possui algumas informações importantes que são dispostas visualmente: planta do pavimento; sequência de marcação da alvenaria; sequência de

elevação da alvenaria; e atribuição das vistas a cada pedreiro. A figura 25 mostra o quadro de solicitação de *kits*.

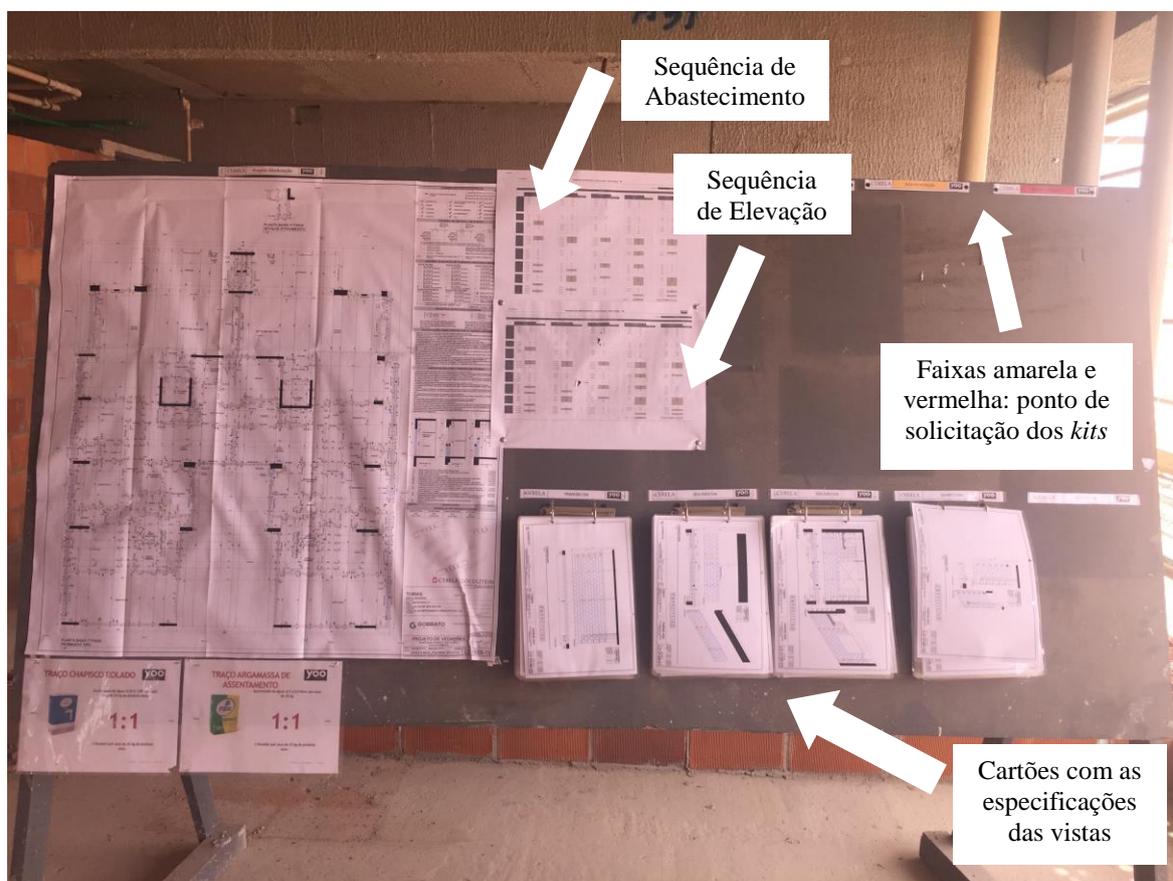


Figura 25 - Quadro visual para a solicitação de kits

Ao iniciar a elevação do pavimento, cada pedreiro identifica no quadro quais vistas foram atribuídas a ele, e então pega os cartões com as vistas correspondentes. As vistas estão dispostas de acordo com o dia da elevação (1º dia, 2º dia, 3º dia, 4º dia e 5º dia). No exemplo mostrado na figura, por ser feriado na sexta-feira, não havia cartões dispostos para o 5º dia de elevação.

Há 2 posições possíveis para solicitar os *kits* ao movimentador: dispor os cartões plastificados na faixa amarela ou verde. Amarela quer dizer que o pedreiro está terminando uma vista e está solicitando outra em seguida, e a vermelha quer dizer que o pedreiro já está ocioso, pois já havia solicitado o *kit* na faixa amarela, já terminou a vista que estava executando e está aguardando material. Ou seja, o cartão passou da faixa amarela para a vermelha.

Por fim, a etapa 5 diz respeito ao encunhamento da alvenaria. O encunhamento é a ligação entre a parte superior de uma parede de alvenaria e a viga. O preenchimento deste vazio é feito com tijolos seccionados e argamassa de cimento. Esta atividade é realizada por 3 a 5 pedreiros, com duração de 2 dias, e sempre no pavimento abaixo ao que está sendo elevada a alvenaria. A espera da elevação da alvenaria do pavimento acima para a execução do encunhamento no pavimento abaixo tem uma motivação técnica: para que não haja rachaduras no reboco, a viga já tem que estar com a carga estática da alvenaria do pavimento superior.

Os recursos compartilhados por mais de um fluxo são: a grua, os trolleys, e o elevador cremalheira, que são utilizados em todas as atividades da obra. Os perigos de acidente de trabalho foram observados principalmente no manejo dos blocos até o elevador e a descarga dos mesmos nos pavimentos, pois muitas vezes o trolley trava e os operadores o empurram manualmente.

4.3.3 Avaliação dos atributos de Sistemas de Produção Puxada

Na seção anterior, foram mostrados os resultados do módulo (i) do MASPP, que compreendeu informações sobre a empresa e o sistema alvo, a representação do fluxo de elevação de alvenaria. Nesta seção, são mostrados os resultados da avaliação dos atributos de SPP do módulo (ii) do MASPP.

Em relação à categoria Estabilidade, 1 atributo foi considerado *totalmente aplicado*, 3 atributos foram assinalados como *parcialmente aplicados*, 1 atributo foi considerado *não aplicado* e 1 atributo *não se aplicava* ao fluxo, a Estabilidade do cliente. A tabela 21 mostra a avaliação da categoria.

Tabela 21 - Avaliação da categoria Estabilidade

Atributos		A	PA	NA	NSA	Observações/ fontes de variabilidade
Estabilidade dos 4 M's						
E1	O fluxo de valor possui estabilidade em relação ao método		X			Os POP's de marcação e elevação de alvenaria são utilizados, porém a utilização da distribuição de blocos por <i>kits</i> com frequência não foi utilizada. Problema observado nas etapas 4 e 5.
E2	O fluxo de valor possui estabilidade em relação à mão-de-obra			X		Há uma alta rotatividade de operadores. Muitos funcionários faltam em alguns dias da semana, e é de conhecimento da alta gerência que a

				produtividade é baixa na sexta feira e após feriados.
E3	O fluxo de valor possui estabilidade em relação aos materiais e informações	X		Foi observada a falta de material na etapa 5.
E4	O fluxo de valor possui estabilidade em relação às máquinas/ equipamentos	X		No período do estudo foi observado a quebra de dois equipamentos: elevador cremalheira e o silo de bombeamento de argamassa
Estabilidade dos clientes e fornecedores				
E5	O cliente possui estabilidade ao longo do fluxo de valor		X	
E6	Os fornecedores externos à empresa, caso façam parte do fluxo puxado, possuem frequência padronizada de entrega e são estáveis	X		Fornecedores de blocos e argamassa são estáveis e possuem frequência padronizada de entrega

O atributo E1, foi considerado como parcialmente aplicado. Há POP's para marcação e elevação da alvenaria, e há aderência dos operadores a esses POP's. Contudo, o uso do quadro de gestão visual para solicitação dos *kits* e a distribuição dos *kits* por parte do movimentador conforme as vistas (paredes) com frequência não foi observado nas etapas 4 e 5.

Quanto ao atributo E2, este foi considerado não aplicado. Foi relatado em entrevistas com os donos de empreiteira e o engenheiro da obra que há uma alta rotatividade de operadores. Muitos funcionários faltam em alguns dias da semana, e é de conhecimento da alta gerência que a produtividade é baixa na sexta-feira e após feriados. Este problema é tão arraigado na empresa que o planejamento semanal (quando há feriados, por exemplo), já leva em consideração a baixa produtividade pós-feriado.

Em relação ao atributo E4, este foi considerado parcialmente aplicado. No período do estudo foi observado a quebra de dois equipamentos: elevador cremalheira e o silo de bombeamento de argamassa. Como consequência, essa instabilidade gerou a falta de material (argamassa e blocos) nas etapas 4 e 5 (atributo E3). Para lidar com essa variabilidade inesperada, na semana em que ocorreu a quebra desses dois equipamentos, os operadores tiveram que utilizar a grua para içar blocos e sacos de argamassa. A argamassa, nessa semana, passou a ser produzida na argamassadeira, ao invés do silo. Não há na empresa um conjunto de atividades de manutenção que são executadas durante o turno, para a realização da manutenção preventiva das máquinas e equipamentos.

Quanto ao atributo E6, foi assinalado como totalmente aplicado. Foi relatado pelo engenheiro da obra que os fornecedores de blocos e argamassa são estáveis e possuem frequência de entrega de três vezes por semana.

Em relação à categoria Projeto do sistema, 4 dos atributos foram assinalados como *aplicados*, 7 como *parcialmente aplicados*, 2 como *não aplicados* e 1 *não aplicável*, o atributo Plano Para Cada Cliente (PPCP). A tabela 22 mostra a avaliação da categoria.

Tabela 22 - Avaliação da categoria Projeto do sistema

Atributos		A	PA	NA	NSA	Observações/ fontes de variabilidade
Ferramentas						
P1	Uso de ferramenta para análise do fluxo (mapa de fluxo de valor do estado atual e futuro, Diagramas de Raias e Spaghetti)			X		Não foi relatado o uso de nenhuma ferramenta de análise de fluxo.
Liderança						
P2	Existência de um gerente do fluxo de valor puxado		X			Possui muito conhecimento prático do método de execução, porém não compreende a importância da utilização dos kits, por exemplo.
P3	Existência de rotinas de gerenciamento diário		X			Rotinas de reuniões são semanais. Não há uma rotina diária, quando há algo que precisa ser conversado entre o engenheiro, empreiteiros e equipes, as reuniões são informais e não planejadas
P4	Os trabalhadores de nível operacional e gerencial, envolvidos diretamente no sistema puxado, entendem como o sistema funciona e porque funciona dessa forma		X			Falta de entendimento da importância de muitas atividades, e do benefício que elas trazem para o sistema como um todo. Foi relatado pelo diretor de planejamento a presença de poucos treinamentos lean
Dimensionamento						
P5	É adotado um método para dimensionamento dos estoques (matérias-primas, em processo, produto acabado)	X				Em função do documento que mostra as especificações de cada parede, que inclui informações sobre a quantidade de blocos utilizados e a quantidade de argamassa por parede
P6	Existem folgas (recursos reserva, de qualquer natureza, que podem ser usados quando necessário) para lidar com a variabilidade da demanda e da disponibilidade de recursos	X				Atividades reserva previstas nas reuniões de PPC, caso as atividades fiquem adiantadas, e atividades alternativas caso as que devem ser feitas não possam por algum motivo
P7	Existe uma frequência definida para revisão do dimensionamento de estoques			X		Não há uma frequência definida para a revisão do dimensionamento dos estoques
Layout e logística de abastecimento						
P8	O estoque está disposto de forma a facilitar a logística interna e externa		X			Em relação aos estoques nos pavimentos superiores, muitas vezes não estão dispostos na forma de kits na frente de cada vista (parede). Algumas vezes, não é possível dispor os blocos na frente das vistas (paredes) por falta de espaço. Porém, a maioria das vezes em que isso ocorre é por falta da utilização do sistema de kits.
P9	Há dispositivos de gestão visual para		X			Há quadros Kanban, porém com

	comunicação entre os processos			frequência não são utilizados. Em relação à montagem de <i>kits</i> , mesmo quando são feitas corretamente e com a utilização do quadro <i>kanban</i> , não possuem uma etiqueta para identificar a qual vista pertencem, o que dificulta a organização do trabalho dos pedreiros
P10	Existência de trabalho padronizado do movimentador		X	O movimentador muitas vezes não utiliza o quadro <i>kanban</i> para distribuir os blocos nas vistas. Leva os paletes para o pav superior e depois vai perguntando para cada pedreiro a quantidade que eles necessitam.
P11	Presença de dispositivos padronizados para armazenamento de materiais	X		Paletes para a disposição de blocos e sacos de argamassa distantes do chão; presença de um almoxarifado onde se guardam em caixas padronizadas os materiais e equipamentos utilizados na elevação da alvenaria
P12	Presença de equipamentos padronizados para movimentação/ transporte de materiais ou pessoas	X		Grua, trolleys para a elevação e transporte horizontal de paletes, jericá para transporte horizontal de argamassa
P13	Existência de Plano Para Cada Peça (PPCP)		X	O memorial descritivo pode ser visto como um PPCP para a construção civil. Porém, foi relatado que o memorial é por vezes muito generalizado, com muitas informações faltantes.
P14	Existência de Plano Para Cada Cliente (PPCC)			X

Quanto ao atributo P1, foi considerado não aplicado. Não foi relatado o uso de nenhuma ferramenta de análise de fluxo. Em relação ao atributo P2, cada empreiteira possui um chefe, considerado o líder da sua equipe de empreitada. Portanto, no caso da elevação da alvenaria, o dono da empreiteira, é o líder do fluxo. Ele lidera uma equipe de 8 funcionários dedicados ao fluxo da alvenaria, possui muito conhecimento prático do método de execução, porém não compreende a importância de muitas atividades que são iniciativas da empresa, como por exemplo a separação das vistas em kits e a utilização do quadro de pedido dos *kits* para o movimentador.

Já em relação ao entendimento do sistema (atributo P4), foi observado que diversas vezes os pedreiros deixam de utilizar o quadro para a solicitação dos *kits*. Como também, os serventes (movimentadores) deixam de cumprir o padrão de movimentação dos kits das vistas. Foi também observado que os pedreiros muitas vezes reorganizam a atribuição (que é realizada semanalmente pela empresa com base na produtividade de cada pedreiro) de quem executará qual vista. Isso pode ser explicado pela falta de entendimento da importância dessas atividades, e do benefício que elas trazem para o sistema como um

todo. Foi relatado pelo diretor de planejamento a presença de poucos treinamentos em lean (é feito apenas um treinamento anual, e apenas com engenheiros de obra), podendo representar outro indício desta falta de entendimento do benefício da utilização dos kits. A figura 26 mostra a divisão feita pela empresa das vistas para os operadores, e a figura 27 mostra a ordem em que foi efetivamente realizada a elevação. (Observação: as figuras, por questão de tamanho, mostram um recorte da sequência para apenas 3 dos operadores, e apenas 2 dias da semana, mas vale lembrar que são 8 operadores e um ciclo de 5 dias de elevação).

	1º DIA		2º DIA		3º DIA		4º DIA	
	Nome	Vista						
1	MARCOS	A013	MARCOS	A026	MARCOS	A027	MARCOS	A037
	MARCOS	A016	MARCOS	A039	MARCOS	A019	MARCOS	A040
	MARCOS	A017	MARCOS	A038	MARCOS	A032	MARCOS	A001
	MARCOS	A018	MARCOS	A031	MARCOS	A036	MARCOS	A002
2	SILVIO	A041	SILVIO	A043	SILVIO	A047	SILVIO	A048
	SILVIO	A042	SILVIO	A045	SILVIO	A046	SILVIO	A050
	SILVIO	A044					SILVIO	A051
3	DENNER	A014	DENNER	A015	DENNER	A054	DENNER	A025
	DENNER	A059	DENNER	A049	DENNER	A055	DENNER	A024
			DENNER	A052	DENNER	A023	DENNER	A081
							DENNER	A082

Figura 26 - Sequência planejada de elevação por cada operador

	1º DIA			2º DIA			3º DIA			4º DIA		
	Nome	Vista	m²									
1	MARCOS	A013	11,6	MARCOS	A038	10,06	MARCOS	A036	5,0478			
	MARCOS	A016	1,5004	MARCOS	A031	11,1592	MARCOS	A037	3,388			
	MARCOS	A017	2,0648	MARCOS	A027	11,0432	MARCOS	A040	9,9528			
	MARCOS	A018	9,2568	MARCOS	A019	9,6496						
	MARCOS	A026	5,24	MARCOS	A032	4,3						
	MARCOS	A039	15,1032									
2	SILVIO	A041	12,9532	SILVIO	A043	17,8788	SILVIO	A046	2,82	SILVIO	A050	11,8158
	SILVIO	A042	21,0456	SILVIO	A045	0,776	SILVIO	A048	11,8158	SILVIO	A051	5,6118
	SILVIO	A044	7,8648	SILVIO	A047	5,4708						
3	DENNER	A049	10,8112	DENNER	A023	4,371	DENNER	A054	15,1998	DENNER	A081	2,0868
	DENNER	A052	10,3678	DENNER	A024	13,9308	DENNER	A055	7,986	DENNER	A082	2,0868
				DENNER	A025	4,371				DENNER	A083	6,1468
									DENNER	A085	1,628	
									DENNER	A086	4,9068	

Figura 27 - Sequência de elevação realizada por cada operador

Comparando as figuras 26 e 27, é possível perceber que o operador 1 adiantou muitas paredes, o que é considerado um ponto positivo pela empresa, porém não elevou a

vista A001 e A002. Já o operador 2, adiantou algumas paredes e manteve um ritmo mais equilibrado ao longo dos dias. O operador 3 não realizou a sequência correta de elevação. É importante que os operadores sigam a sequência de elevação planejada pela empresa, pois foi relatado pelo engenheiro que, dependendo do fechamento das paredes, muitos cômodos não conseguem ser abastecidos por falta de espaço, se os operadores modificarem a sequência de elevação. Por outro lado, foi relatado pelos operadores que eles preferem elevar as vistas “mais simples”, ou seja, sem aberturas, cantos o quanto antes. Além disso, relataram que costumam trocar algumas vistas com os colegas para equilibrar o nível de dificuldade, justamente pelo fato de algumas vistas serem mais simples do que outras.

Quanto ao atributo P3, não há uma rotina de gerenciamento **diário**, quando há algo que precisa ser conversado entre o engenheiro, empreiteiro (líder) e sua equipe ao longo do dia, as reuniões são informais e não planejadas. Há uma rotina **semanal** para gerenciamento (reuniões PPC).

O método de dimensionamento (atributo P5) adotado leva em conta o Caderno de Especificação de Paredes, documento que mostra a modularização de cada vista, bem como o quanto de argamassa e blocos são utilizados. Dessa forma, é possível fazer um levantamento semanal de quantidade desses materiais. Como o *lead time* de entrega do fornecedor é de 2 dias (entregas são feitas todas as terças e quintas), foi calculado um estoque de 2,5 dias de blocos e de sacos de argamassa (0,5 dia de folga). Contudo, não foi relatado pelo engenheiro da obra uma frequência para a revisão do dimensionamento dos estoques. Como a demanda é fixa (1 pavimento é elevado por semana), a revisão do dimensionamento dos estoques aconteceria de forma reativa se o *lead time* de entrega do fornecedor fosse alterado, ou se o fornecedor não tivesse uma frequência de entrega padronizada por falta de estabilidade.

Quanto ao atributo P6, as folgas que existem no sistema são: o próprio estoque de segurança de 0,5 dia; atividades reserva previstas nas reuniões de PPC, caso as atividades previstas fiquem adiantadas ou não puderem ser executadas; utilização de argamassadeira, caso haja problema com o silo; e utilização de guindaste caso o elevador não esteja em funcionamento. Além disso, o próprio dimensionamento da duração das atividades no cronograma da obra leva em conta aspectos como a chuva e absenteísmo de operadores, que podem atrasar as atividades.

Quanto ao atributo P8, este foi considerado parcialmente aplicado. Em relação aos materiais descarregados pelo fornecedor, blocos e sacos de argamassa precisam estar em um local coberto, por isso ficam embaixo da laje, no andar térreo. Como este local de armazenamento fica perto do portão da obra (descarga do fornecedor) e perto do elevador cremalheira, facilita a logística. Em relação aos estoques nos pavimentos superiores, muitas vezes não estão dispostos na forma de *kits* na frente de cada vista. Algumas vezes, não é possível dispor os blocos na frente das vistas por falta de espaço. Porém, a maioria das vezes em que isso ocorre é por falta da utilização do sistema de *kits*. A figura 28 mostra os paletes inteiros armazenados nos pavimentos superiores, não separados por *kits* e dispostos em locais que não facilitam a logística, pois não estão ao lado do ponto de uso. Já a figura 29 mostra o abastecimento do *kit* em frente à vista a ser executada.



Figura 28 - Armazenamento de paletes nos andares superiores



Figura 29 - Disposição dos kits em frente às vistas nos andares superiores

Os atributos P11 e P12, que avaliam se existem equipamentos adequados e padronizados para o armazenamento e o transporte de materiais, foram considerados como aplicados. Paletes para a disposição de blocos e sacos de argamassa distantes do chão; presença de um almoxarifado onde se guardam em caixas padronizadas os materiais e equipamentos utilizados na elevação da alvenaria. Grua, trolleys para a elevação e transporte horizontal de paletes, carrinho de mão do tipo jerica para transporte horizontal de argamassa também são equipamentos padronizados.

Em relação ao atributo P9, os dispositivos de gestão visual existentes na empresa são: o próprio quadro de gestão visual de disparo dos pedidos de *kits*; e alguns quadros de informações, por exemplo ao lado do elevador cremalheira, com indicações sobre como utilizá-lo de forma segura.

Quanto ao atributo P10, não há na empresa um trabalho padronizado para o transporte de materiais (blocos e argamassa). O movimentador muitas vezes não utiliza o quadro de disparo de pedido dos *kits* para distribuir os blocos nas vistas. Foram observadas duas situações: (i) o movimentador por vezes apenas leva os paletes para o pavimento superior; e (ii) o movimentador leva o pallet inteiro e depois distribui conforme as vistas. A

situação planejada, que é a montagem de kits no andar térreo e distribuição dos kits nos pavimentos superiores conforme as vistas, não foi observada ao longo do estudo.

Há um *trade off* na gestão do sistema presente na situação (ii) do parágrafo anterior, relacionado ao uso dos *kits* (descumprimento de limite de WIP). Um palete possui 144 blocos em média. Por exemplo, se para uma vista A são necessários 62 blocos, e pra outra vista B 64 blocos, o movimentador relatou que propositalmente transporta o palete inteiro para o pavimento superior e lá distribui as quantidades para as duas vistas, ao invés de montar um *kit* para cada vista no andar térreo. De fato, em um primeiro momento pode parecer de bom senso o envio do palete inteiro, por ser uma tarefa mais prática. A desvantagem é que os blocos que sobram acabam ficando por lá, gerando desperdício. Além do que, muitas vezes acontece a situação (i) descrita no parágrafo anterior: o movimentador apenas leva os paletes ao pavimento superior, e não distribui quantidades para cada vista.

Por fim, no que se refere ao atributo P13, este foi considerado parcialmente aplicado. O memorial descritivo pode ser visto como um PPCP para a construção civil. Ele deve trazer todas as especificações de procedimentos (como deve ser feita a elevação da alvenaria, quais ferramentas são utilizadas, por exemplo) bem como quais os materiais devem ser utilizados (tipo de bloco, medidas do bloco, fornecedor). O memorial descritivo é frequentemente utilizado pelo engenheiro, como um POP para confirmar aspectos da execução da obra. Porém, foi relatado que o memorial é por vezes muito generalizado, trazendo dúvidas quanto ao procedimento ou material que devem ser utilizados. Por exemplo, foi relatado que o memorial (e conseqüentemente o projeto), não especificava colocação de manta acústica, que é um procedimento não usual da empresa, mas que era necessário para este empreendimento. Neste caso, o piso teve que ser refeito para a colocação da manta, pois o memorial especificava apenas os procedimentos usuais da empresa.

Em relação à categoria Controle do sistema, 1 dos atributos foi assinalado como *aplicado*, 2 como parcialmente aplicados e 1 como *não aplicado*. A tabela 23 mostra a avaliação da categoria.

Tabela 23 - Avaliação da categoria Controle do sistema

Atributos		A	PA	NA	NSA	Observações/ fontes de variabilidade
Gestão da demanda externa						
C1	Análise, rastreamento e monitoramento da demanda externa	X				Há o acompanhamento da demanda externa por parte do setor de vendas da empresa. Por exemplo, muitos apartamentos podem ser vendidos antes de serem construídos, e por isso o cliente pode modificar a disposição das paredes. Setor de vendas deve estar atento e comunicar ao projetista as modificações
Indicadores						
C2	Presença de indicadores para monitorar a aderência ao sistema puxado	X				Produtividade de mão-de-obra alvenaria, acompanhamento semanal do que foi planejado <i>versus</i> o que foi produzido (PPC)
Controle/ acompanhamento interno						
C3	Prática de auditorias internas com frequência padronizada (por exemplo, diária ou semanal)	X				Engenheiro acompanha semanalmente (quintas-feiras) os processos em todos os pavimentos (PPC). Além disso, existe um auditor interno da empresa que faz uma inspeção de qualidade na obra (frequência mensal)
C4	Os operadores e gerentes respeitam o limite máximo padronizado para os estoques/ filas		X			Muitas vezes os paletes são levados e apenas deixados no pavimento superior, sem haver uma montagem de kits por vistas. Esta situação de não respeitar o limite de estoques é agravada quando os operadores não utilizam o quadro kanban para solicitar os kits das vistas.

Em relação ao atributo C1, a gestão da demanda aqui engloba a habilidade de se comunicar com o mercado, o poder de influência sobre a demanda, a habilidade de cumprir prazos, e de priorizar e alocar os recursos disponíveis. Na empresa, há o acompanhamento da demanda externa por parte do setor de vendas da empresa. Por exemplo, muitos apartamentos podem ser vendidos antes de serem construídos, e por isso o cliente pode modificar a disposição das paredes. Setor de vendas deve estar atento e comunicar ao projetista as modificações.

Há também a existência de acompanhamento de indicadores (atributo C2) específicos para o fluxo da alvenaria. Alguns exemplos são o indicador de produtividade MDO alvenaria, acompanhamento semanal do que foi planejado *versus* o que foi produzido (PPC), Causas de Não Cumprimento dos Pacotes de Trabalho, Desvio de Prazo, Desvio de Custo e Índice de Boas Práticas em Canteiros de Obras.

Em relação ao atributo C3, este foi considerado aplicado. O engenheiro júnior acompanha semanalmente (quintas-feiras) os processos em todos os pavimentos (auditoria do PPC). Além disso, existe um auditor interno da empresa que faz uma inspeção de qualidade na obra (frequência mensal).

Quanto ao atributo C4, este foi considerado parcialmente aplicado. Como visto anteriormente, os operadores muitas vezes não fazem a montagem de kits no térreo e nem mesmo no pavimento superior. Distribuem no pavimento superior diversos paletes, sem a preocupação com o estoque excessivo. Isso prejudica a operação de elevação da alvenaria, por falta de espaço, além de possivelmente gerar maior desperdício, pela impressão que o operador tem de abundância de blocos, dispostos sem alguma restrição de WIP.

4.3.3 Escore e oportunidades de melhoria identificadas no Caso C

A avaliação de cada atributo foi transformada em um escore final, que representa a nota atribuída para a eficiência do sistema. A tabela 24 mostra o escore final da avaliação feita no Estudo de Caso C.

Tabela 24 - Escore final da eficiência do sistema

Categoria	Pontuação Final	Pontuação Máxima	Percentual
Estabilidade	2,5	5	50%
Projeto do Sistema	7,5	13	57,7%
Controle do Sistema	3,5	4	87,5%
Escore Final	13,5	22	61,3%

Para nortear a priorização das oportunidades de melhoria, considerou-se como crítica a categoria Estabilidade, que ficou no limite (entre 0-50%), como moderada a categoria Projeto do sistema (entre 51-70%) e como satisfatória a categoria Controle do sistema (entre 71-100%).

Sugeriu-se à empresa priorizar ações de melhoria na categoria Estabilidade. Em relação à essa categoria, uma oportunidade de melhoria identificada é a necessidade do investimento em treinamentos às empreiteiras. Foi percebido que, a falta de entendimento do SPP pode influir na falta de estabilidade do método e dos materiais. Por este motivo, na

reunião de discussão dos resultados com o diretor de planejamento da empresa, foi sugerido o investimento em treinamentos específicos sobre os princípios lean, incluído o SPP. O representante concordou que ter o entendimento das práticas lean é mais importante do que compreender o funcionamento de ferramentas pontuais. De fato, a não conformidade com o padrão de utilização de *kits* para o abastecimento das vistas foi observada. Foi visto que, se os *kits* fossem utilizados da maneira correta, possivelmente a falta de alguns tipos de blocos não iria mais ocorrer. Também não haveria falta de espaço para a elevação da alvenaria, principalmente em áreas menores, onde faz a diferença a quantidade de blocos dispostos. Além disso, a utilização dos *kits* é uma maneira de evitar desperdícios de blocos, pois desperta o senso de cuidado do operador com esses materiais.

Outra oportunidade de melhoria que foi apresentada é a possibilidade de utilização de um funcionário da própria empresa para a montagem dos *kits*. Dessa forma, seria responsabilidade da própria empresa em montar os *kits*, numerando-os de acordo com as vistas. O movimentador faria a função de identificar no quadro a solicitação do *kit*, buscá-lo no andar térreo e transportá-lo até a vista correspondente.

Em contrapartida ao fraco desempenho das categorias Estabilidade, a categoria Controle do sistema possui muitos aspectos positivos. Os indicadores utilizados são: PPC (Percentual de Pacotes Concluídos), Causas de Não Cumprimento dos Pacotes de Trabalho, Desvio de Prazo, Desvio de Custo e Índice de Boas Práticas em Canteiros de Obras.

Atualmente, as causas do não cumprimento dos pacotes de trabalho são descobertas e discutidas na própria reunião do PPC, que dura uma hora aproximadamente. Uma oportunidade de melhoria apresentada nas reuniões de *feedback* e na reunião de apresentação de resultados, é que as auditorias do PPC realizadas nas quintas-feiras, além de preencher o check list, o engenheiro júnior também buscasse entender as causas para a não realização das atividades previstas, de preferência anexando fotos de situações de interesse ao documento. Dessa forma, nas reuniões do PPC, sobraria tempo para a discussão aprofundada destas causas, pensando nas possibilidades de melhorias.

Por fim, em relação à avaliação do método, foi questionado ao representante se ele via utilidade na aplicação do MASPP no sistema alvo escolhido, e se via a utilidade dele para a análise de outros fluxos da empresa. O representante reconheceu a utilidade do instrumento, tanto no fluxo estudado como em outros fluxos em obra, como a instalação de

paredes *drywall* e a atividade de concretagem. Contudo, o representante relatou que, com o conhecimento atual de lean dos funcionários da empresa, até mesmo dos engenheiros, provavelmente não seria possível aplicar o MASPP. A empresa provavelmente teria que investir em um treinamento dos engenheiros sobre o SPP e demais princípios lean.

4.5 AVALIAÇÃO FINAL DO MÉTODO

A avaliação do método buscou investigar os critérios de utilidade e usabilidade do método, sob a perspectiva de dois aplicadores do método e 5 representantes dos estudos de caso. A tabela 25 mostra o resultado da avaliação final do método, bem como as questões que foram norteadoras para a avaliação.

Tabela 25 - Resultado da avaliação do método

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	QUESTÕES NORTEADORAS PARA A AVALIAÇÃO	RESULTADOS DA AVALIAÇÃO
Utilidade	O método contribui para a identificação de <i>trade offs</i> ?	Nº de <i>trade offs</i> identificados pelos aplicadores: quatro ao todo
	O método contribui para a identificação de oportunidades de melhoria?	Nº de oportunidades de melhoria identificadas pelos aplicadores: estudo de caso A → 11 estudo de caso B → 17 estudo de caso C → 6
Usabilidade	A aplicação do método teve um tempo de duração aceitável/razoável?	Opinião dos aplicadores a respeito do tempo necessário para aplicar o método foi de que o tempo é razoável, levando em consideração a quantidade de informações que podem ser coletadas. Quanto mais aprofundada for a avaliação, maior o tempo de aplicação do método
	Qual a qualificação do aplicador do método?	O grau de conhecimento de lean dos dois aplicadores foram suficientes para que fosse possível mapear o fluxo, bem como compreender todos os atributos do módulo (ii) do método
	Há a possibilidade de representantes das organizações de utilizar o método após a saída do pesquisador?	Em geral, a opinião dos representantes foi de que é possível a utilização do método em outros fluxos de valor de suas empresas

Por fim, em relação à opinião do representante do caso A sobre a utilidade na aplicação do método, este relatou que via na sua aplicação uma ótima oportunidade de melhorar cada vez mais o fluxo de balanças na empresa, e que, apesar de terem um SPP

que se sustenta há anos, há sempre oportunidades de melhoria, e que estas ficaram visíveis com a análise realizada, como a necessidade de um movimentador com rotina padronizada.

Em relação à opinião do representante do caso B sobre a utilidade do método, foi relatado que como o lean não é do conhecimento da maioria dos funcionários, alguns dos atributos provavelmente trariam algum tipo de confusão. Contudo, com os exemplos dados no MASPP (ver APÊNDICE B) os atributos eram mais facilmente entendidos.

Já em relação à avaliação do método com o representante do caso C, foi reconhecida a utilidade do instrumento, tanto no fluxo estudado como em outros fluxos em obra, como a instalação de paredes *drywall* e a atividade de concretagem. Contudo, o representante relatou que, com o conhecimento atual de lean dos funcionários da empresa, até mesmo dos engenheiros, provavelmente não seria possível aplicar o MASPP. A empresa provavelmente teria que investir em um treinamento dos engenheiros sobre o SPP e demais princípios lean.

5. CONCLUSÕES

5.1 CONCLUSÕES

Tendo em vista atingir o objetivo principal deste trabalho, foi proposto um método para avaliação do uso de sistemas de produção puxada, aplicável a diversos setores. Esse método foi desenvolvido com base em entrevistas com especialistas em lean e em uma revisão sistemática da literatura, sendo posteriormente testado em três estudos de caso. O método possui módulos: (i) descrição do contexto, que tem como objetivo identificar características do sistema-alvo que influenciam o sistema puxado; (ii) avaliação do nível de aderência do sistema a 23 atributos de sistemas de produção puxada; e (iii) feedback e discussão dos resultados com representantes da organização.

As empresas escolhidas para os estudos de caso pertencem ao setor de manufatura, serviço de saúde e construção civil, sendo denominadas empresa A, B e C respectivamente. O método desenvolvido proporcionou uma visão holística sobre os sistemas puxados avaliados, requerendo de seis a treze visitas de uma a três horas em cada empresa. Dentre as atividades previstas no método, a “representação do fluxo analisado”, contida no módulo (i), exigiu maior tempo de aplicação, pois a pesquisadora teve que se ambientar aos três ambientes distintos de análise. Assim, após a ambientação inicial e a aplicação do módulo (i), a aplicação dos demais módulos foi facilitada. A observação direta foi uma fonte de evidências relevante para o entendimento do ambiente de estudo e para aplicação do método, de modo consistente com o princípio lean de verificar os processos com os próprios olhos. Já o acesso aos documentos (como os POP's, protocolos) e as entrevistas contribuíram no sentido de permitir a comparação entre a percepção da pesquisadora (por meio das observações), a percepção dos entrevistados e o trabalho prescrito nos documentos. Além disso, as entrevistas e os documentos serviram para avaliar atributos que não eram passíveis de identificação por meio de observação, tais como o método de dimensionamento dos estoques.

As reuniões de *feedback* e de discussão dos resultados, correspondentes ao módulo (iii) do método proposto, contribuíram tanto para validar os resultados da aplicação do método quanto para identificar necessidades de aperfeiçoamento no método em si. Em relação a esse último aspecto, as citadas reuniões indicaram a necessidade de reescrever

dois atributos, de forma mais generalizável – os atributos “Existência de um Plano Para Cada Cliente (PPCC)” e “O cliente possui estabilidade ao longo do fluxo de valor”.

Em relação à etapa da aplicação do método nos setores manufatura, construção civil e serviço de saúde, foi possível confirmar que os atributos estabelecidos eram de fato aplicáveis ao SPP para os três estudos de caso. Além disso, foram identificadas sinergias entre alguns atributos, o que pode ter impacto na adoção do SPP. Por exemplo, no estudo de caso A, foi percebido que, a falta de entendimento do SPP pode influir na falta de estabilidade do método.

Dois objetivos específicos também foram estabelecidos para este trabalho: (1) identificar e classificar atributos de sistemas de produção puxada; e (2) identificar os *trade-offs* existentes em diferentes setores na operacionalização do SPP.

Em relação ao objetivo específico (1), a partir da análise de trechos brutos das 13 entrevistas com especialistas em lean e dos 86 artigos selecionados na revisão sistemática da literatura, os 23 atributos avaliadores do SPP foram desenvolvidos. Esses atributos foram agrupados em nove subcategorias e três grandes categorias de análise.

Foram observados dois *trade-offs* entre os princípios lean no estudo A, um no estudo B e um no estudo C. Os *trade-offs* nos estudos A e C possuem relação com o desrespeito ao limite máximo de estoque. No caso A, essa violação acontece para compensar a falta de um operador ou o atraso do fornecedor de chapas. Já no caso C, essa violação tem origem na falta de entendimento do sistema por parte dos operadores, o movimentador considera uma atividade mais prática o transporte do palete inteiro para o pavimento superior, ao invés de montar um *kit* para cada vista no andar térreo. Vale ressaltar que se deve investir na melhoria das causas das variabilidades que produzem os *trade-offs*, ou essas violações à regra podem se tornar rotina, pois o combate às causas do problema não é realizado.

Já o *trade-off* do estudo B diz respeito à programação diária da Unidade de Radiologia (UR) em função de sua capacidade. O fluxo da Unidade de Terapia Intensiva (UTI) na perspectiva da UR faz parte de um sistema empurrado de realização de exames, pois o encaixe do fluxo da UTI "fura a fila" de exames de outros fluxos (ambulatório, emergência e internações). Uma maneira de instalar uma programação puxada na UR seria deixar algumas janelas livres para lidar com os exames de urgência, como os da UTI.

Dessa forma, não haveria o reagendamento de exames para o próximo dia, o que é prejudicial aos pacientes advindos de outras cidades.

Ainda em relação aos *trade-offs* presentes nos três sistemas, eles deixam claro que, para o gerenciamento do SPP, o monitoramento da resiliência deve ser levado em consideração (por exemplo, a quantidade e tipos de recursos de folga, e a habilidade dos trabalhadores para lidar com o estresse e a variabilidade).

Por fim, ainda em relação ao método, este é considerado um *design* genérico, pois constitui um método para avaliação do SPP com etapas generalizáveis para diversos contextos, como manufatura, serviços e construção civil. O método disponibiliza informações (como exemplos e fontes de evidência) para que o aplicador possa utilizá-lo em diferentes cenários. Nesse sentido, um ponto a ser ressaltado é que as ferramentas específicas usadas no estudo de campo (por exemplo, o Mapa de Fluxo de Valor) não devem ser vistas como elementos fundamentais do método. O mais importante é a estrutura lógica do método, que pode ser compatível com diferentes ferramentas.

5.2 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Duas principais limitações deste estudo devem ser enfatizadas. A primeira é que, independentemente de ser criado como um *design* genérico, o método foi testado em três contextos específicos e, portanto, generalizações sobre sua utilidade precisam de mais aplicações.

A segunda limitação se refere à falta de dados para comparar o uso dos atributos do SPP entre setores semelhantes, pois a aplicação do método foi feita em apenas uma empresa de cada setor.

5.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base nesta dissertação, foram identificadas as seguintes oportunidades para estudos futuros:

- a) realização de estudos longitudinais, o que implica em realizar avaliações periódicas ao longo de vários meses ou anos. Tais estudos poderiam identificar e explorar uma maior quantidade de *trade-offs* relacionados à gestão do SPP,

bem como confirmar ou não possíveis relações de causa e efeito entre o desempenho do SPP e outras variáveis, tais como variações de demanda e mudanças no projeto do produto;

b) desenvolvimento de um método para atribuição de pesos aos atributos, para refletir a importância de cada um no contexto de cada empresa;

c) a aplicação das diretrizes do método em outros setores industriais ou de serviços.

REFERÊNCIAS

Abdul-Nour, G., Lambert, S. and Drolet, J., 1998. Adaptation of jit phylosophy and kanban technique to a small-sized manufacturing firm; a project management approach. *Computers & industrial engineering*, 35(3-4), pp.419-422.

Alarcón, Luis F. Tools for the identification and reduction of waste in construction projects. In: ALARCÓN, Luis F. (Ed.). *Lean Construction*. 1. ed. Rotterdam, Netherlands: A. A. Balkema, 1997. p. 365–377.

Alcaraz, J.L., Macías, A.A.M., Luevano, D.J.P., Fernández, J.B., López, A.D.J.G. and Macías, E.J., 2016. Main benefits obtained from a successful JIT implementation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 86(9-12), pp.2711-2722.

Alcaraz, J.L., Prieto-Luevano, D.J., Maldonado-Macías, A.A., Blanco-Fernández, J., Jiménez-Macías, E. and Moreno-Jiménez, J.M., 2015. Structural equation modeling to identify the human resource value in the JIT implementation: case maquiladora sector. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 77(5-8), pp.1483-1497.

Álvarez, R., Calvo, R., Peña, M.M. and Domingo, R., 2009. Redesigning an assembly line through lean manufacturing tools. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 43(9-10), p.949.

Al-Baik, O. and Miller, J., 2015. The kanban approach, between agility and leanness: a systematic review. *Empirical Software Engineering*, 20(6), pp.1861-1897.

Anavi-Isakow, S. and Golany, B., 2003. Managing multi-project environments through constant work-in-process. *International Journal of Project Management*, 21(1), pp.9-18.

Arbulu, R., Ballard, G. e Harper, N., 2003. Kanban in construction. *Proceedings of IGLC-11, Virginia Tech, Blacksburgh, Virginia, USA*, pp.16-17.

Arbulu, R. e Ballard, G., 2004, August. Lean supply systems in construction. In *Proceedings of 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Copenhagen, Denmark*.

Askin, R.G. and Krishnan, S., 2009. Defining inventory control points in multiproduct stochastic pull systems. *International Journal of Production Economics*, 120(2), pp.418-429.

Ayres, L., 2008. Semi-structured interview. *The SAGE encyclopedia of qualitative research methods*, pp.811-813.

Azadeh, A., Yazdanparast, R., Zadeh, S.A. and Zadeh, A.E., 2017. Performance optimization of integrated resilience engineering and lean production principles. *Expert Systems with Applications*, 84, pp.155-170.

Bakotic, D. and Krnic, A., 2017. Exploring the relationship between business process improvement and employees' behavior. *Journal of Organizational Change Management*, 30(7), pp.1044-1062.

Ballard, G. and Howell, G., 1998. Shielding production: essential step in production control. *Journal of Construction Engineering and management*, 124(1), pp.11-17.

Bateman, Nicola; Philp, Lee; Warrender, Harry. Visual management and shop floor teams - development, implementation and use. *International Journal of Production Research*, [s. l.], v. 54, n. 24, p. 7345–7358, 2016.

Bell, E. e Davison, J., 2013. Visual management studies: Empirical and theoretical approaches. *International Journal of Management Reviews*, 15(2), pp.167-184.

Bendavid, Y., Boeck, H. and Philippe, R., 2010. Redesigning the replenishment process of medical supplies in hospitals with RFID. *Business Process Management Journal*, 16(6), pp.991-1013.

Bonney, M.C., Zhang, Z., Head, M.A., Tien, C.C. and Barson, R.J., 1999. Are push and pull systems really so different?. *International Journal of Production Economics*, 59(1-3), pp.53-64.

Brox, J.A. and Fader, C., 1997. Assessing the impact of JIT using economic theory. *Journal of Operations Management*, 15(4), pp.371-388.

Brown, M.J., Kor, D.J., Curry, T.B., Marmor, Y. e Rohleder, T.R., 2013. A Coordinated Patient Transport System for ICU Patients Requiring Surgery: Impact on Operating Room Efficiency and ICU Workflow. *Journal for Healthcare Quality*.

Caroly, S., Coutarel, F., Landry, A. and Mary-Cheray, I., 2010. Sustainable MSD prevention: Management for continuous improvement between prevention and production. Ergonomic intervention in two assembly line companies. *Applied Ergonomics*, 41(4), pp.591-599.

Carrillo, Patricia et al. Knowledge Management in UK Construction: Strategies, Resources and Barriers. *Project Management Journal*, [s. l.], v. 35, n. 1, p. 46–56, 2004.

Chen, F.F., 2008. A Web-based Kanban system for job dispatching, tracking, and performance monitoring. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 38(9-10), pp.995-1005.

Chiesa V, Coughlan P, Voss C. Development of a technical innovation audit. *Journal of Production and Innovation Management* 1996;13:105–36.

Clegg, C.W., 2000. Sociotechnical principles for system design. *Applied ergonomics*, 31(5), pp.463-477.

Crop, F., Lacornerie, T., Mirabel, X. and Lartigau, E., 2015. Workflow optimization for robotic stereotactic radiotherapy treatments: Application of Constant Work In Progress workflow. *Operations Research for Health Care*, 6, pp.18-22.

Dave, Y. e Sohani, N., 2012. Single Minute Exchange of Dies: Literature Review. *International Journal of Lean Thinking*, 3(2), pp.27-37.

Durmusoglu, S., 1993. Simulation of pull type manufacturing system for evaluating maintenance planning. *International journal of production economics*, 30, pp.43-52.

de Haan, J., Yamamoto, M. e Lovink, G., 2001. Production planning in Japan: rediscovering lost experiences or new insights?. *International Journal of Production Economics*, 71(1-3), pp.101-109.

de Souza, W.J., 2008. Responsabilidade social corporativa e terceiro setor. Brasília: Universidade Aberta do Brasil.

Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Bookman Editora, 2015.

Dresch, Aline; Lacerda, Daniel Pacheco; Júnior, José Antonio Valle Antunes.

Doolen, T.L. e Hacker, M.E., 2005. A review of lean assessment in organizations: an exploratory study of lean practices by electronics manufacturers. *Journal of Manufacturing systems*, 24(1), pp.55-67.

Ertay, T., 1998. Simulation approach in comparison of a pull system in a cell production system with a push system in a conventional production system according to flexible cost: A case study. *International Journal of Production Economics*, 56, pp.145-155.

Eti, M.C., Ogaji, S.O.T. e Probert, S.D., 2004. Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries. *Applied energy*, 79(4), pp.385-401.

Faccio, M., 2014. The impact of production mix variations and models varieties on the parts-feeding policy selection in a JIT assembly system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 72(1-4), pp.543-560.

Fernandes, N.O. e do Carmo-Silva, S., 2006. Generic POLCA—A production and materials flow control mechanism for quick response manufacturing. *International Journal of Production Economics*, 104(1), pp.74-84.

Fischer, G., 1998, July. Beyond" couch potatoes": From consumers to designers. In *Computer Human Interaction, 1998. Proceedings. 3rd Asia Pacific* (pp. 2-9). IEEE.

Fowler, A., 1999. Feedback and feedforward as systemic frameworks for operations control. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(2), pp.182-204.

Framinan, J.M., González, P.L. e Ruiz-Usano, R., 2003. The CONWIP production control system: review and research issues. *Production Planning & Control*, 14(3), pp.255-265.

Framinan, J.M., Gonzalez, P.L. and Ruiz-Usano, R., 2006. Dynamic card controlling in a Conwip system. *International Journal of Production Economics*, 99(1-2), pp.102-116.

Friedli, T., Goetzfried, M. and Basu, P., 2010. Analysis of the implementation of total productive maintenance, total quality management, and just-in-time in pharmaceutical manufacturing. *Journal of Pharmaceutical Innovation*, 5(4), pp.181-192.

Frohner, K.D. and Iwata, K., 1996. Evaluating designing principles of Japanese production systems. *International journal of production economics*, 46(1), pp.211-217.

Fullerton, R.R., McWatters, C.S. and Fawson, C., 2003. An examination of the relationships between JIT and financial performance. *Journal of Operations Management*, 21(4), pp.383-404.

Galbraith, L., Miller, W.A. and Suresh, S., 1993. Identification of metrics and transition functions of pull system implementation. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 6(2), pp.117-124.

Ghinato, Paulo. Tópicos Especiais em Engenharia de Produção – Sistemas Lean. Apostila da Disciplina de Tópicos Especiais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia UFRGS, Porto Alegre, RS, 2016.

Glaser, B.G. e Strauss, A.L., 1967. The discovery of grounded theory: strategies for qualitative theory. *New Brunswick: Aldine Transaction*.

Gong, Q., Yang, Y. and Wang, S., 2014. Information and decision-making delays in MRP, KANBAN, and CONWIP. *International Journal of Production Economics*, 156, pp.208-213.

González-r, P.L., Framinan, J.M. and Pierreval, H., 2012. Token-based pull production control systems: an introductory overview. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(1), pp.5-22.

González-R, P.L., Framinan, J.M. and Ruiz-Usano, R., 2013. A methodology for the design and operation of pull-based supply chains. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24(3), pp.307-330.

Gosling, J. e Naim, M.M., 2009. Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda. *International journal of production economics*, 122(2), pp.741-754.

Graban, M., 2011. *Lean hospitals: improving quality, patient safety, and employee satisfaction*. CRC Press.

Gunasekaran, A. and Cecille, P., 1998. Implementation of productivity improvement strategies in a small company. *Technovation*, 18(5), pp.311-320.

Gupta, Y.P. and Gupta, M., 1989. A system dynamics model of a JIT-kanban system. *Engineering costs and production economics*, 18(2), pp.117-130.

Gupta, S.M., Al-Turki, Y.A. and Perry, R.F., 1999. Flexible kanban system. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(10), pp.1065-1093.

Hao, Q. and Shen, W., 2008. Implementing a hybrid simulation model for a Kanban-based material handling system. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24(5), pp.635-646.

Harrod, S. and Kanet, J.J., 2013. Applying work flow control in make-to-order job shops. *International Journal of Production Economics*, 143(2), pp.620-626.

Hofmann, E. and Rüsç, M., 2017. Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, pp.23-34.

Holmström, J., Ketokivi, M.; Hameri, A. (2009), "Bridging Practice and Theory: a Design Science Approach", *Decision Science*, Vol. 40, No.1, pp. 65-87.

Hopp, W.J. e Spearman, M.L., 2004. To pull or not to pull: what is the question?. *Manufacturing & service operations management*, 6(2), pp.133-148.

Hopp, W.J. e Spearman, M.L., 2011. *Factory physics*. Waveland Press.

Hum, S.H. and Lee, C.K., 1998. JIT scheduling rules: a simulation evaluation. *Omega*, 26(3), pp.381-395.

Institute for Healthcare Improvement, 2003. Optimizing patient flow: moving patients smoothly through acute care settings. *Innovation Series*, pp.1-11.

ISO 19011. Guidelines for quality and/or environmental management systems auditing. International Organization for Standardization; 2002.

Jadhav, J.R., Mantha, S.S. and Rane, S.B., 2014. Development of framework for sustainable Lean implementation: an ISM approach. *Journal of Industrial Engineering International*, 10(3), p.72.

Jainury, S.M., Ramli, R., Ab Rahman, M.N. and Omar, A., 2014. Integrated Set Parts Supply system in a mixed-model assembly line. *Computers & Industrial Engineering*, 75, pp.266-273.

Jonsson, P., 2008. Exploring problems related to the materials planning user environment. *International Journal of Production Economics*, 113(1), pp.383-400.

Joosten, T., Bongers, I. e Janssen, R., 2009. Application of lean thinking to health care: issues and observations. *International Journal for Quality in Health Care*, 21(5), pp.341-347.

Junior, M. and Godinho Filho, M., 2010. Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal of Production Economics*, 125(1), pp.13-21.

Karlsson, C. and Norr, C., 1994. Total effectiveness in a just-in-time system. *International Journal of Operations & Production Management*, 14(3), pp.46-65.

Khojasteh-Ghamari, Y., 2009. A performance comparison between Kanban and CONWIP controlled assembly systems. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 20(6), p.751.

Ko, C.H. and Li, S.C., 2014. Enhancing submittal review and construction inspection in public projects. *Automation in Construction*, 44, pp.33-46.

Koskela, L., 1992. *Application of the new production philosophy to construction* (Vol. 72). Stanford: Stanford University.

Koufteros, X.A., Vonderembse, M.A. and Doll, W.J., 1998. Developing measures of time-based manufacturing. *Journal of Operations management*, 16(1), pp.21-41.

Koufteros, X.A., Nahm, A.Y., Cheng, T.E. and Lai, K.H., 2007. An empirical assessment of a nomological network of organizational design constructs: From culture to structure to pull production to performance. *International Journal of Production Economics*, 106(2), pp.468-492.

Kumar, C.S. and Panneerselvam, R., 2007. Literature review of JIT-KANBAN system. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 32(3-4), pp.393-408.

Kurilova-Palisaitiene, J., Sundin, E. and Poksinska, B., 2018. Remanufacturing challenges and possible lean improvements. *Journal of Cleaner Production*, 172, pp.3225-3236.

Lai, C.L., Lee, W.B. and Ip, W.H., 2003. A study of system dynamics in just-in-time logistics. *Journal of materials processing technology*, 138(1-3), pp.265-269.

Land, M.J., 2009. Cobacabana (control of balance by card-based navigation): A card-based system for job shop control. *International Journal of Production Economics*, 117(1), pp.97-103.

Lee-Mortimer, A., 2008. A continuing lean journey: an electronic manufacturer's adopting of Kanban. *Assembly Automation*, 28(2), pp.103-112.

Ledbetter, P. *The Toyota Template: The Plan for Just-In-Time and Culture Change Beyond Lean Tools*. Productivity Press, 2018.

Leitch, R.A., 2001. Effect of stochasticity, capacity and lead time cost drivers on WIP and throughput in a pull production environment. *Management Accounting Research*, 12(2), pp.167-196.

Leonardo, D.G., Sereno, B., Silva, D.S.A.D., Sampaio, M., Massote, A.A. e Simões, J.C., 2017. Implementation of hybrid Kanban-CONWIP system: a case study. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(6), pp.714-736.

Li, J.W., 2005. Investigating the efficacy of exercising JIT practices to support pull production control in a job shop environment. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 16(7), pp.765-783.

Litvak, E. ed., 2010. *Managing patient flow in hospitals: strategies and solutions*. Joint Commission Resources.

Lummus, R.R., 1995. A simulation analysis of sequencing alternatives for JIT lines using kanbans. *Journal of Operations Management*, 13(3), pp.183-191.

March, S. T.; Smith, G. (1995), "Design and natural science research on information technology", *Decision Support Systems*, Vol. 15. pp. 251-266.

Marsh, R.F. and Conard, M.A., 2008. A pull system for delegating knowledge work. *Operations Management Research*, 1(1), p.61.

Martin, M., Champion, R., Kinsman, L. e Masman, K., 2011. Mapping patient flow in a regional Australian emergency department: A model driven approach. *International Emergency Nursing*, 19(2), pp.75-85.

Matson JE, Matson JO. Just-in-time implementation issues among automotive suppliers in the southern USA. *Supply Chain Management: An International Journal* 2007;12(6):432–43.

McIntosh, R.I., Culley, S.J., Mileham, A.R. e Owen, G.W., 2001. Improving changeover performance. *Improving Changeover Performance*.

McKone, K.E., Schroeder, R.G. e Cua, K.O., 2001. The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance. *Journal of operations management*, 19(1), pp.39-58.

Monden, Y., 2011. *Toyota production system*. CRC Press.

Narayanamurthy, G. and Gurumurthy, A., 2018. Is the hospital lean? A mathematical model for assessing the implementation of lean thinking in healthcare institutions. *Operations Research for Health Care*, 18, pp.84-98.

Niederstadt, J., 2013. *Kamishibai Boards: A Lean Visual Management System That Supports Layered Audits*. Productivity Press.

Nielsen, J., 1994. *Usability engineering*. Elsevier.

Ohno, T. 1988. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Cambridge, MA: Productivity Press.

Olhager, J. e Östlund, B., 1990. An integrated push-pull manufacturing strategy. *European Journal of Operational Research*, 45(2-3), pp.135-142.

Onyeocha, C.E., 2015. Effect of product mix on multi-product pull control. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 56, pp.16-35.

Onyeocha, C.E., Khoury, J. e Geraghty, J., 2015. Evaluation of multi-product lean manufacturing systems with setup and erratic demand. *Computers & Industrial Engineering*, 87, pp.465-480.

Özbayrak, M., Papadopoulou, T.C. and Samaras, E., 2006. A flexible and adaptable planning and control system for an MTO supply chain system. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 22(5-6), pp.557-565.

Parry, G.C. e Turner, C.E., 2006. Application of lean visual process management tools. *Production planning & control*, 17(1), pp.77-86.

Pergher, I. and de Almeida, A.T., 2017. A multi-attribute decision model for setting production planning parameters. *Journal of manufacturing systems*, 42, pp.224-232.

Persona, A., Battini, D. e Rafele, C., 2008. Hospital efficiency management: the just-in-time and Kanban technique. *International Journal of healthcare technology and management*, 9(4), pp.373-391.

Pettersen, J.A. and Segerstedt, A., 2009. Restricted work-in-process: A study of differences between Kanban and CONWIP. *International Journal of Production Economics*, 118(1), pp.199-207.

Price, W., Gravel, M. and Nsakanda, A.L., 1994. A review of optimisation models of Kanban-based production systems. *European Journal of Operational Research*, 75(1), pp.1-12.

Proudlove, N.C., Gordon, K. e Boaden, R., 2003. Can good bed management solve the overcrowding in accident and emergency departments?. *Emergency Medicine Journal*, 20(2), pp.149-155.

Puchkova, A., Le Romancer, J. and McFarlane, D., 2016. Balancing push and pull strategies within the production system. *IFAC-PapersOnLine*, 49(2), pp.66-71.

Pyke, D.F. and Cohen, M.A., 1990. Push and pull in manufacturing and distribution systems. *Journal of Operations Management*, 9(1), pp.24-43.

Radnor, Z. Transferring Lean into government. *Journal of Manufacturing Technology Management* v. 21, n. 3, p. 411–428, 2010.

Reda, H.M., 1987. A review of “kanban”—the Japanese “Just-In-Time” production system. *Engineering Management International*, 4(2), pp.143-150.

Riezebos, J., 2010. Design of POLCA material control systems. *International Journal of Production Research*, 48(5), pp.1455-1477.

Rogers, Y., Sharp, H. e Preece, J., 2011. *Interaction design: beyond human-computer interaction*. John Wiley & Sons.

Roh, J., Hong, P. and Min, H., 2014. Implementation of a responsive supply chain strategy in global complexity: The case of manufacturing firms. *International Journal of Production Economics*, 147, pp.198-210.

Sagalovsky, B., 2015. Organizing for Lean: autonomy, recursion and cohesion. *Kybernetes*, 44(6/7), pp.970-983.

Saurin TA, Marodin G, Ribeiro JLD. A framework for assessing the use of lean production practices in manufacturing cells., 2011. *International Journal of Production Research* 2011;49(11):3211–30.

Saurin, T.A., Ribeiro, J.L.D. and Vidor, G., 2012. A framework for assessing poka-yoke devices. *Journal of manufacturing systems*, 31(3), pp.358-366.

Saurin, T.A. e Werle, N.J.B., 2017. A framework for the analysis of slack in socio-technical systems. *Reliability Engineering & System Safety*, 167, pp.439-451.

Savsar, M. and Al-Jawini, A., 1995. Simulation analysis of just-in-time production systems. *International Journal of Production Economics*, 42(1), pp.67-78.

Schonberger, R.J., 2007. Japanese production management: An evolution—With mixed success. *Journal of Operations Management*, 25(2), pp.403-419.

Seidel, A., Saurin, T.A., Marodin, G.A. e Ribeiro, J.L.D. Lean leadership competencies: a multi-method study. *Management Decision*, 55(10), pp.2163-2180, 2017.

Simon, Herbert A. The sciences of the artificial. MIT press, 1996.

Soares, A.C., Bernardes, M.M. e Formoso, C.T., 2002, August. Improving the production planning and control system in a building company: Contributions after stabilization. In *Annual Conference of the International Group for Lean Construction* (Vol. 10).

Spearman, M.L. e Zazanis, M.A., 1992. Push and pull production systems: issues and comparisons. *Operations research*, 40(3), pp.521-532.

Spencer, M.S. and Guide, V.D., 1995. An exploration of the components of JIT: case study and survey results. *International Journal of Operations & Production Management*, 15(5), pp.72-83.

Spenhoff, P., Semini, M., Alfnes, E. e Strandhagen, J.O., 2014. The fit of planning methods for the part manufacturing industry, a case study. *Advances in Manufacturing*, 2(2), pp.165-172.

Studel, Harold J.; Desruelle, Paul. Manufacturing in the '90s: How to Become a Mean, Lean World-Class Competitor. [s.l.] : Van Nostrand Reinhold Company, 1992.

Stockton, D.J. and Lindley, R.J., 1995. Implementing kanbans within high variety/low volume manufacturing environments. *International Journal of operations & production management*, 15(7), pp.47-59.

Stump, B. and Badurdeen, F., 2012. Integrating lean and other strategies for mass customization manufacturing: a case study. *Journal of Intelligent manufacturing*, 23(1), pp.109-124.

Sui Pheng, L., Manzoor Arain, F. and Wong Yan Fang, J., 2011. Applying just-in-time principles in the delivery and management of airport terminal buildings. *Built Environment Project and Asset Management*, 1(1), pp.104-121.

Takahashi, K., Nakamura, N. e Izumi, M., 1997. Concurrent ordering in JIT production systems. *International Journal of Operations & Production Management*, 17(3), pp.267-290.

Takahashi, K., Morikawa, K. and Nakamura, N., 2004. Reactive JIT ordering system for changes in the mean and variance of demand. *International Journal of Production Economics*, 92(2), pp.181-196.

Takahashi, K. and Hirotani, D., 2005. Comparing CONWIP, synchronized CONWIP, and Kanban in complex supply chains. *International journal of production Economics*, 93, pp.25-40.

Takeda, K., Tsuge, Y. and Matsuyama, H., 2000. Decentralized scheduling algorithm to improve the rate of production without increase of stocks of intermediates. *Computers & Chemical Engineering*, 24(2-7), pp.1619-1624.

Taylor III, L.J., 1999. A simulation study of WIP inventory drive systems and their effect on financial measurements. *Integrated Manufacturing Systems*, 10(5), pp.306-315.

Tezel, Algan; Koskela, Lauri; Tzortzopoulos, Patricia. Visual management in production management: a literature synthesis. *Journal of Manufacturing Technology Management*, [s. l.], v. 27, n. 6, p. 766–799, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1108/JOSM-12-2014-0323>

Thürer, M., Pan, Y.H., Qu, T., Luo, H., Li, C.D. and Huang, G.Q., 2016. Internet of Things (IoT) driven kanban system for reverse logistics: solid waste collection. *Journal of Intelligent Manufacturing*, pp.1-10.

Thürer, M., Stevenson, M., & Protzman, C.W. (2016). Card-Based Production Control: a Review of the Control Mechanisms Underpinning Kanban, CONWIP, POLCA and COBACABANA Systems. *Production Planning & Control*, 27(14), 1143-1157.

Torkabadi, A. e Mayorga, R., 2018. Evaluation of pull production control strategies under uncertainty: An integrated fuzzy AHP-TOPSIS approach. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(1), pp.161-184.

Vaishnavi, V.; Kuechler, W. (2007), "Introduction to Design Science Research in Information and Communication Technology". In: Vaishnavi, V. e Kuechler, W. (2007). *Design Science Research Method and Patterns*. Boca Raton: CRC Press.

VanAken, J. E. (2004), "Management Reseach Based on the Paradigm of the Design Sciences: the quest for field-tested and grounded technological rules", *Journal of Management Studies*, Vol. 41, No. 2, pp. 219-245.

Xanthopoulos, A.S., Koulouriotis, D.E. and Gasteratos, A., 2017. Adaptive card-based production control policies. *Computers & Industrial Engineering*, 103, pp.131-144.

Xiong, G. and Nyberg, T.R., 2000. Push/pull production plan and schedule used in modern refinery CIMS. *Robotics and Computer-integrated manufacturing*, 16(6), pp.397-410.

Wildemann, H., 1985. Implementation strategies for the integration of Japanese KANBAN-principles in German companies. *Engineering Costs and Production Economics*, 9(1-3), pp.305-319.

YIN, Roberto K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2ª Ed. Porto Alegre. Editora: Bookmam. 2001.

APÊNDICE A – MÓDULO (I) DO MASPP

MÓDULO 1: CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO				
1.1 INFORMAÇÕES SOBRE COLETA DE DADOS				
Nome do analista:				
Datas e horários de aplicação:				
1.2 INFORMAÇÕES SOBRE O FLUXO ANALISADO				
Tipo de fluxo de valor (ex. serviço X, família do produto X...):				
Características do fluxo:				
- Número total de etapas/processos:				
- Nome de cada etapa/processo (ex. etapa 1: corte; etapa 2: solda;...):				
	Nome etapa	Nº funcionários	Equipamentos/ Maquinários	Principais perigos de acidente
1				
2				
3				
4				
5				
6				
- Outros fluxos de valor que possuem recursos compartilhados, se houver (citar quais são os fluxos e quais são os recursos):				
- Perfil da demanda em mix, volume e frequência:				
Outras características pertinentes sobre o fluxo:				
Observação: anexar registro fotográfico de situações de interesse (ex. operações gargalo, oportunidades de melhoria em estoques / filas, uso do cartão, gestão visual...)				

1.3 CROQUI LAYOUT

Para subsidiar a análise do Sistema Puxado, é importante realizar um esboço do layout do ambiente em análise.



1.4 REPRESENTAÇÃO DO FLUXO ANALISADO

Para subsidiar a análise do Sistema Puxado (com aplicação do check list a seguir), é importante realizar uma representação do fluxo analisado (sugestão: Mapa de Fluxo de Valor, especialmente para fluxo de materiais; Diagrama de Raias, especialmente para fluxos de informação; e Diagrama de Spaghetti para representação de movimentações), sinalizando as etapas identificadas no item 2.

APÊNDICE B – MÓDULO (II) DO MASPP

MÓDULO 2: AVALIAÇÃO DOS ATRIBUTOS DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO PUXADA						
<p>Analisar no fluxo de valor mapeado cada requisito numerado (coluna 1) no check list, buscando a existência do mesmo nas fontes de evidência sugeridas (coluna 2). Assinalar com um X se o requisito é: A – Aplicado; NA – Não aplicado; PA – Parcialmente aplicado ou NSA – Não se aplica. Na última coluna, descrever observações pertinentes do fluxo de valor sobre cada requisito.</p> <p>Para os itens sinalizados com * a análise deve considerar cada etapa do fluxo. Deve-se assinalar “A” somente quando o requisito for totalmente atendido em todas as etapas do fluxo. Caso uma ou mais etapas forem parcialmente aplicadas ou não aplicadas, deve-se assinalar “PA”.</p> <p>Itens sinalizados com ** contemplam fluxos em serviços e devem ser desconsiderados na análise de outros setores (ex. manufatura, construção civil...).</p>						
2.1 ESTABILIDADE						
2.1.1 Estabilidade dos 4 M's	Fonte de evidência	A	PA	NA	NSA	Descrição/justificativa
E1 O fluxo de valor possui estabilidade em relação ao método <u>Exemplo:</u> bons resultados nas auditorias de aderência aos POP e trabalho padronizado	Observações, entrevistas e/ou registros que apontem alta aderência entre métodos de trabalho padronizados e o trabalho real					
E2 O fluxo de valor possui estabilidade em relação à mão-de-obra <u>Exemplo:</u> bons resultados de indicadores de absenteísmo, rotatividade, matriz de multifuncionalidade, nº de treinamentos/ano	Observações, entrevistas, registros e/ou indicadores que apontem a disponibilidade de profissionais qualificados em quantidade suficiente					
E3 O fluxo de valor possui estabilidade em relação ao objeto de estudo (materiais, informações)* <u>Exemplo:</u> bons resultados nos indicadores de falta de material, indicadores de qualidade e On-Time-In-Full (pedidos completos entregues no prazo), consumo real x planejado, taxas de defeitos	Observações, entrevistas, registros e/ou indicadores que apontem a disponibilidade do objeto de estudo (materiais, informações) disponível no momento exato em que for necessário					
E4 O fluxo de valor possui estabilidade em relação às máquinas* <u>Exemplo:</u> bons resultados no Indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE), existência de plano de manutenção preventiva e corretiva das máquinas, práticas de TPM	Observações, entrevistas, registros e/ou indicadores que apontem disponibilidade de máquinas em qualidade e quantidade suficiente para produzir de acordo com a demanda					
2.1.2 Estabilidade dos clientes e fornecedores	Fonte de evidência	A	PA	NA	NSA	Descrição/justificativa

<p>E5 O cliente possui estabilidade ao longo do fluxo de valor** <u>Exemplo:</u> Status do cliente permite estabilidade mínima para percorrer os processos ao longo do fluxo de valor (comprador com conhecimento mínimo necessário para interagir com interface do sistema de compras online; paciente com bons resultados na verificação de sinais vitais; status da gravidade do paciente permite estabilidade para seu transporte)</p>	<p>Observações, entrevistas, registros e/ou indicadores que apontem a disponibilidade e segurança do cliente no momento exato em que for necessário</p>					
<p>E6 Os fornecedores externos à empresa, caso façam parte do fluxo puxado, possuem frequência padronizada de entrega e são estáveis <u>Exemplo:</u> Existência de frequência padronizada por parte do fornecedor para entrega de materiais; apoio e participação dos fornecedores na implantação de projetos de melhorias</p>	<p>Observações e/ou entrevistas em diferentes áreas que tenham interface com fornecedores externos e documentos que especifiquem a contratação e políticas de incentivo/penalidade com fornecedores</p>					
<p>2.2 PROJETO DO SISTEMA PUXADO</p>						
<p>2.2.1 Ferramentas</p>	<p>Fonte de evidência</p>	<p>A</p>	<p>PA</p>	<p>NA</p>	<p>NSA</p>	<p>Observação</p>
<p>P1 Uso de ferramenta para análise do fluxo (mapa de fluxo de valor do estado atual e futuro, Diagramas de Raias e Spaghetti <u>Exemplo:</u> identificar a prática de ferramentas como Mapa de Fluxo de Valor do estado atual e futuro, Diagrama de Raias e Spaghetti para a representação dos fluxos de materiais, pessoas e informações, e se essas ferramentas evidenciam as perdas e promovem consenso sobre os focos de ação. Verificar se o uso de sistema puxado foi justificado com base na ferramenta utilizada</p>	<p>Documentos e/ou entrevistas que evidenciem o uso da ferramenta em projetos de melhoria</p>					
<p>2.2.2 Liderança</p>	<p>Fonte de evidência</p>	<p>A</p>	<p>PA</p>	<p>NA</p>	<p>NSA</p>	<p>Observação</p>
<p>P2 Existência de um gerente do fluxo de valor puxado <u>Exemplo:</u> identificar líderes que dominem os conceitos e façam com que as pessoas se envolvam e sigam as regras de funcionamento do sistema</p>	<p>Entrevistas com líderes e seguidores em nível estratégico, tático e operacional</p>					
<p>P3 Existência de rotinas de gerenciamento diário <u>Exemplo:</u> reuniões diárias, no início do turno, entre líderes e seus funcionários, seguida de reuniões entre gestores e seus líderes</p>	<p>Observações e/ou entrevistas que identifiquem a existência de reuniões diárias para gerenciamento da rotina</p>					
<p>P4 Os trabalhadores de nível operacional e gerencial, envolvidos diretamente no sistema puxado, entendem como o sistema funciona e porque funciona dessa forma <u>Exemplo:</u> presença de treinamentos periódicos, práticos ou teóricos</p>	<p>Entrevistas com funcionários em nível tático, estratégico e operacional, identificando o entendimento acerca do conceito e do funcionamento de sistemas puxados</p>					

2.2.3 Dimensionamento	Fonte de evidência	A	PA	NA	NSA	Observação
<p>P5 É adotado um método para dimensionamento dos estoques (matérias-primas, em processo, produto acabado) <u>Exemplo:</u> o dimensionamento pode contemplar aspectos como: tempo médio de parada por falta de material, tamanho dos lotes de produção, demanda diária e nº de setups</p>	Entrevistas e/ou documentos que evidenciem um método explícito para dimensionamento de estoques (podem assumir a forma de estoques controlados, supermercados, linha FIFO)					
<p>P6 Existem folgas (recursos reserva, de qualquer natureza, que podem ser usados quando necessário) para lidar com a variabilidade da demanda e da disponibilidade de recursos <u>Exemplo:</u> as folgas podem assumir a forma de estoques de segurança controlados, redundância de funcionários, capacidade excedente, turnos de 8 horas e intervalo de 4 horas entre turnos</p>	Observações e/ou entrevistas que indiquem folgas presentes no sistema					
<p>P7 Existe uma frequência definida para revisão do dimensionamento de estoques <u>Exemplo:</u> de maneira geral e aproximada, nos primeiros 3 meses após a implantação: revisão mensal; passados 3 meses: revisão bimensal; passados 12 meses: revisão trimestral</p>	Entrevistas e/ou documentos que indiquem se há uma frequência de revisão estipulada					
2.2.4 Layout e logística de abastecimento	Fonte de evidência	A	PA	NA	NSA	Observação
<p>P8 O estoque está disposto de forma a facilitar a logística interna e externa* <u>Exemplo:</u> em sistemas puxados do tipo reposição deve existir um supermercado entre cada um dos processos e um supermercado de produto acabado localizado o mais próximo possível da expedição. Assim sendo, a localização dos estoques deve facilitar a logística, independentemente do tipo de sistema puxado implementado</p>	Observações que identifiquem se a disposição dos estoques está apropriada					
<p>P9 Há dispositivos de gestão visual para comunicação entre os processos* <u>Exemplo:</u> dispositivos visuais (<i>kanban</i>) e/ou sonoros (<i>andon</i>) e demais quadros com sinalizações que indiquem disparos ou paradas no fluxo, sem necessidade de comunicação verbal com operadores do processo precedente ou subsequente; locais demarcados em zonas vermelha, verde e amarela</p>	Observações que identifiquem dispositivos visuais e/ou sonoros, dispostos de forma simples e em locais estratégicos					
<p>P10 Existência de trabalho padronizado do movimentador</p>	Documentos que evidenciem					

<u>Exemplo</u> : identificar uma rotina de trabalho padronizada no abastecimento/movimentação do objeto de estudo (materiais, informações, pessoas) considerando o tempo <i>takt</i> e rota padronizada, permitindo suprir os processos sem gerar paradas	procedimentos para o trabalho do movimentador interno (<i>mizusumashi</i>)					
P11 Presença de dispositivos padronizados para armazenamento de materiais <u>Exemplo</u> : identificar caixas de armazenamento, carrinhos de transporte, bandejas, etc. padronizadas, de fácil identificação e acesso	Observações dos estoques/almojarifados em busca de dispositivos padronizados e dispostos de maneira a facilitar a gestão visual					
P12 Presença de equipamentos padronizados para movimentação/ transporte de materiais ou pessoas <u>Exemplo</u> : disponibilidade de equipamentos padronizados como maca, cadeira de rodas, carrinho de transporte, etc.	Observações que identifiquem equipamentos de movimentação/ transporte dispostos em locais de fácil acesso					
P13 Existência de Plano Para Cada Peça (PPCP) <u>Exemplo</u> : identificar no PPCP informações de peças/materiais/clientes tais como: onde deve ser armazenada; como é embalada; como é recebida do fornecedor; como é entregue ao seu ponto de uso	Entrevistas e documentos que identifiquem a existência de um Plano Para Cada Peça padronizado					
P14 Existência de Plano Para Cada Cliente (PPCC)** <u>Exemplo</u> : identificar um plano de serviço para cada cliente ao longo do fluxo de valor (plano de tratamento do paciente; plano de atendimento ao passageiro)	Entrevistas e documentos que identifiquem a existência de um Plano Para Cada Cliente padronizado					
2.3 CONTROLE DO SISTEMA						
2.3.1 Gestão da demanda externa		A	PA	NA	NSA	Observação
C1 Análise, rastreamento e monitoramento da demanda <u>Exemplo</u> : identificar ferramentas para antecipar a demanda, como métodos de previsão e histórico de dados, relações de parceria com clientes de modo a melhor adaptá-la a suas possibilidades de produção e atividades que influenciem a demanda, como promoções, propaganda, esforço de vendas, entre outros.	Observações e/ou entrevistas em diferentes áreas que tenham interface com clientes externos, base de dados históricos de demanda e documentos que especifiquem contratos e acordos com clientes					
2.3.2 Indicadores		A	PA	NA	NSA	Observação
C2 Presença de indicadores para monitorar a aderência ao sistema puxado <u>Exemplo</u> : acompanhamento estoque (real x padronizado); quadros (produzido x planejado); giros de estoque; On-Time-In-Full (pedidos completos entregues no prazo); verificação de etapas do tratamento de um paciente, como exames	Observações dos quadros de produção, se estes são atualizados periodicamente, se colocam as causas dos problemas encontrados e se					

solicitados (realizado, a realizar, cancelado, pendente)	consideram a superprodução um problema					
2.3.3 Controle/acompanhamento interno	Fonte de evidência	A	PA	NA	NSA	Observação
C3 Prática de auditorias internas com frequência padronizada (por exemplo, diária ou semanal) <u>Exemplo:</u> Gemba walk e/ou kamishibay; rounds clínicos	Entrevistar funcionários em nível estratégico, tático e operacional (como funcionam as auditorias, com que frequência são feitas, quem participa)					
C4 Os operadores e gerentes respeitam o limite máximo padronizado para os estoques/ filas <u>Exemplo:</u> parada de produção no processo subsequente quando há parada no processo precedente	Observar os estoques/ filas e entrevistar os operadores e gerentes					

APÊNDICE C – MÓDULO (III) DO MASPP

MÓDULO 3: APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A validação dos resultados das etapas (2), (3), (4) e (5) deve ser feita por meio de uma reunião com representante(s) da organização em que o Método foi aplicado. Além disso, Reuniões de *feedback* para discutir os resultados preliminares com o(s) representante(s), como o mapeamento do fluxo é importante para dar continuidade ao preenchimento da etapa (5).

APÊNDICE D – Roteiro semiestruturado utilizado nas entrevistas com especialistas em
lean

SEÇÃO 1 INFORMAÇÕES INICIAIS	Nome completo
	Formação acadêmica? (graduação, pós-graduação...)
	Tempo de experiência com o Lean Production
	Prática com Sistemas de Produção Puxada (se tem ou não experiência na prática, se tiver, que tipo de experiência, em qual setor e cargo executado)
	Para você, qual o conceito que melhor define um Sistema de Produção Puxada (SPP)?
SEÇÃO 2 CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO PUXADA	Na sua opinião, quais são os pré-requisitos fundamentais para a implantação e sustentação de SPP's?
	Na sua opinião, qual é o melhor método para dimensionar os níveis de estoque de um SPP? E onde devem estar estes estoques?
	Na sua opinião, de quanto em quanto tempo devemos revisar os níveis dos estoques?
	Na sua opinião, quais as etapas necessárias na implantação de um SPP?
	Na sua opinião, quais ferramentas podem apoiar a implantação de SPP's? E quais as ferramentas do lean?
	Que indicadores podem ser usados para avaliar a eficácia e eficiência de SPP's?
	Na sua opinião, qual(is) a(s) dificuldade(s) que pode(m) impedir a implantação de um SPP?
Já vivenciou ou conhece algum caso de sucesso e/ou fracasso na implantação de SPP's?	
SEÇÃO 3 LIDERANÇA E TREINAMENTO	Quais os setores/áreas de uma empresa devem estar envolvidos na implantação de SPP's (logística, PCP, vendas, etc.)?
	Na sua opinião, qual o papel que a liderança exerce como suporte à implantação de SPP's?
	Na sua opinião, qual o papel que os trabalhadores (nível operacional) exercem como suporte à implantação de SPP's?
	Qual(is) a(s) principal(is) dúvida(s)/questionamento(s) na implantação de SPP's? (Pode ser desde a alta gerência até o nível operacional).
	Quais os tipos de treinamentos que podem apoiar a implantação e a sustentação de SPP's?
	Na sua opinião, quais são os fatores comportamentais, culturais incentivos financeiros, específicos para o tipo de processo/setor, que podem dificultar o uso de SPP's?
O que pode levar uma organização que usa o SPP a não respeitar os princípios de funcionamento dos mesmos (ex.: superprodução por quantidade, antecipação da produção)?	
SEÇÃO 4 BENEFÍCIOS x DESVANTAGENS	Na sua opinião, qual(is) o(s) principal(is) benefício(s) de um SPP?
	Na sua opinião, qual (is) a(s) principal(is) desvantagem(s) de um SPP?
	Na sua opinião, quando que um SPP não deve ser usado (ou, colocando de outra forma: quando um Sistema de Produção Empurrada deve ser usado ao invés do SPP)?

APÊNDICE E – Identificação por autor e ano dos artigos da revisão sistemática da literatura

ARTIGO	AUTOR(ES)	ARTIGO	AUTOR(ES)
1	Wildemann (1985)	44	Lee-Mortimer (2008)
2	Reda (1987)	45	Askin e Krishnan (2008)
3	Gupta e Gupta (1989)	46	Hao e Shen (2008)
4	Olhager e Ostlund (1990)	47	Pettersen e Segerstedt (2008)
5	Pyke e Cohen (1990)	48	Chen (2008)
6	Spearman e Zazanis (1992)	49	Marsh e Conard (2008)
7	Price et al. (1993)	50	Land (2009)
8	Galbraith et al. (1993)	51	Caroly et al. (2009)
9	Durmusoglu (1993)	52	Khojasteh-Ghamari (2009)
10	Karlsson e Norr (1994)	53	Stump e Badurdeen (2009)
11	Spencer e Guide (1995)	54	Álvarez et al. (2009)
12	Stockton e Lindley (1995)	55	Bendavid et al. (2010)
13	Lummus (1995)	56	Junior e Godinho Filho (2010)
14	Savsar e Al-Jawinib (1995)	57	Friedli et al. (2010)
15	Brox e Fader (1996)	58	Sui Pheng et al. (2011)
16	Frohner e Iwata (1996)	59	González-R et al. (2011)
17	Takahashi et al. (1997)	60	González-R et al. (2013)
18	Hum e Lee (1997)	61	Harrod e Kanet (2013)
19	Koufteros et al. (1997)	62	Roh et al. (2014)
20	Abdul-Nour et al. (1998)	63	Gong et al. (2014)
21	Gunasekaran e Cecille (1998)	64	Jainury et al. (2014)
22	Ertay (1998)	65	Ko e Li (2014)
23	Fowler (1999)	66	Jadhav et al. (2014)
24	Gupta et al. (1999)	67	Alcaraz et al. (2014)
25	Taylor III (1999)	68	Spenhoff et al. (2014)
26	Bonney et al. (1999)	69	Faccio (2014)
27	Takeda et al. (2000)	70	Al-Baik e Miller (2014)
28	Xiong e Nyberg (2000)	71	Sagalovsky (2015)
29	Leitch (2001)	72	Onyeocha (2015)
30	de Haan et al. (2001)	73	Onyeocha et al. (2015)
31	Anavi-Isakow e Golany (2001)	74	Crop et al. (2015)
32	Lai et al. (2003)	75	Puchkova et al. (2016)
33	Fullerton et al. (2003)	76	Thürer, Land e Stevenson (2016)
34	Takahashi et al. (2003)	77	Pergher e de Almeida (2016)
35	Hopp e Spearman (2003)	78	Thürer et al. (2016)
36	Li (2005)	79	Alcaraz et al. (2016)
37	Takahashi e Hirotsu (2005)	80	Bakotic e Krnic (2017)
38	Özbayraka et al. (2005)	81	Leonardo et al. (2017)
39	Kumar e Panneerselvam (2005)	82	Xanthopoulos et al. (2017)
40	Framinan (2006)	83	Hofmann e Rüsç (2017)
41	Schonberger (2006)	84	Kurilova-Palisaitiene (2017)
42	Koufteros et al. (2006)	85	Narayanamurthy e Gurumurthy (2017)
43	Jonsson (2007)	86	Azadeh et al. (2017)