

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE ENGENHARIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

SAULO JOAQUIM DE FREITAS

**AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE, CAPACIDADE E
IMPLANTAÇÃO DE PRÁTICAS LEAN EM OBRAS DE
INFRAESTRUTURA E PAVIMENTAÇÃO VIÁRIA**

Porto Alegre, Abril de 2015.

SAULO JOAQUIM DE FREITAS

**AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE, CAPACIDADE E
IMPLANTAÇÃO DE PRÁTICAS LEAN EM OBRAS DE
INFRAESTRUTURA E PAVIMENTAÇÃO VIÁRIA**

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

Orientador: Prof. Dr. Tarcisio Abreu Saurin

Porto Alegre, Abril de 2015.

SAULO JOAQUIM DE FREITAS

**AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE, CAPACIDADE E
IMPLANTAÇÃO DE PRÁTICAS LEAN EM OBRAS DE
INFRAESTRUTURA E PAVIMENTAÇÃO VIÁRIA**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Profissional 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.

Banca examinadora:

Prof. Claudio José Müller, Dr. (PPGEP – UFRGS)

Prof. Istefani Carísio de Paula, Dra. (PPGEP – UFRGS)

Prof. Marcia Elisa Soares Echeveste, Dra. (PPGEP – UFRGS)

Dedico este Mestrado Profissional à empresa em que trabalho e aos meus colegas de trabalho, que com o seu apoio permitiram que eu pudesse avançar neste processo.

Aos meus pais, que sempre inculcaram em mim e meus irmãos a busca constante pelo conhecimento, identificando este como o único agente real de mudança na vida das pessoas.

Dedico este trabalho, em especial a minha esposa, pelo seu apoio e companheirismo, tornando este sonho possível.

AGRADECIMENTOS

Em um primeiro momento, agradeço aos meus pais, pela minha vida e por terem inculcido em mim e meus irmãos valores morais fundamentais, e uma vontade de estudar e avançar na vida acadêmica. Para meus pais, e por consequência, para toda nossa família, o estudo sempre foi o único agente real de mudança para as pessoas e para a sociedade. Acreditamos realmente nisso.

Agradeço à minha esposa, por seu companheirismo e paciência, pois a caminhada do mestrado é longa e foi necessária a abdicção de muitos momentos de convivência para que eu pudesse chegar até aqui.

Agradeço à empresa em que trabalho, pela crença na qualificação profissional de seus funcionários como um dos maiores ativos de uma corporação. Com esta visão da diretoria, obtive todo o apoio para tornar este sonho do mestrado possível.

Agradeço aos meus colegas de trabalho, pela parceria nos momentos mais difíceis e por me darem apoio incondicional nesta caminhada.

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, e em especial à Escola de Engenharia e à seus professores. O seu ensino de qualidade e gratuito permitiram que eu estivesse aqui, primeiramente com a graduação há 15 anos, e hoje, através do curso de mestrado profissional.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Tarcisio Abreu Saurin, pela sua dedicação e orientação na caminhada rumo ao conhecimento. Certamente, sem a sua orientação, o desenvolvimento do conhecimento seria impossível.

Por fim, agradeço a Deus, por sempre permitir que ocorresse em minha vida coincidências e encontros favoráveis.

“Cada sonho que você deixa para trás, é um pedaço do futuro que deixa de existir”.

(Steve Jobs)

RESUMO

O setor da construção civil é conhecido pela grande incidência de perdas em seus processos, o que tem levado ao crescente uso de práticas baseadas nos sistemas de produção enxuta. Este trabalho apresenta a avaliação da estabilidade e capacidade dos processos, bem como o uso de práticas enxutas em uma obra de pavimentação viária. Inicialmente, a avaliação da estabilidade e capacidade foi realizada por meio do mapeamento do fluxo de valor do estado atual e do desenvolvimento e coleta de indicadores associados aos 4M (Material, Mão-de-obra, Máquina e Método). Os resultados indicaram que todos os cinco indicadores avaliados foram estáveis, porém apenas um indicador demonstrou capacidade de atender os parâmetros do cliente. Com base nessa avaliação, foram adotadas ações para redução de perdas e melhora da estabilidade e capacidade dos processos, por meio do uso de práticas enxutas, aplicadas em uma segunda obra com características similares à anterior. As práticas usadas foram: i) Mudança e melhoria de alguns processos construtivos; ii) implantação de ferramenta 5S no canteiro de obras; iii) criação e implantação de dispositivos poka-yokes, iv) aplicação de dispositivo visual de comunicação do tipo andon; v) planejamento de entrega de materiais *just-in-time*. Nessa segunda obra, os indicadores se mantiveram estáveis, mas foi percebida uma melhora quanto à capacidade destes indicadores em atender os parâmetros exigidos. Apenas o indicador de mão-de-obra *turn over* não foi capaz de atender a meta definida pela empresa.

Palavras-chave: Infraestrutura Viária; Fluxo de Valor, Lean, Infraestrutura, Perdas.

ABSTRACT

The Building Sector is known for high incidence of wastes in its process. This characteristic has been motivating the operators to use some practices based on Lean Production Systems. This paper presents an evaluation of the stability and capacity of Lean Construction concepts in a road construction work. The evaluation of the stability and capacity was realized mapping the current state value stream and the collection of indicators associated with the 4M (Material Hand labor, Machine and Method) The results indicated that all seven indicators measured were stable, but only an indicator of the seven evaluated was considered capable. Based on this evaluation, actions were taken to improve the stability and capacity through the use of lean practices, applied in a second work with similar characteristics to the previous. The practices used were: i) improving / changing some construction processes, ii) 5S tool deployment on construction of works iii) creation and implementation of poka-yokes devices, iv) application of visual tool of andon type communication, v) delivery planning materials within the just-in-time concept. In this second work the indicators remained stable, but a great improvement was perceived, related to the ability of the indicators to meet the required parameters. Only the hand labor turnover indicator was not able to meet the target set by the company.

Key Words: Road Infrastructure; Value Stream Map; Lean; Infrastructure; Waste

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BDE	Boletim Diário de Equipamentos
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CEP	Controle Estatístico de Processo
CM-30	Asfalto Diluído de Petróleo
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte
FTP	Folhas de Trabalho Padrão
IAF	Índice de Avaliação de Fornecedor
IGLC	International Group for Lean Construction
IT	Instruções de trabalho
LC	Lean Construction
ME	Mentalidade Enxuta
MFV	Mapeamento de Fluxo de Valor
PE	Produção Enxuta
PTS	Programação de Trabalho Semanal
RAM	Reunião de Análise Mensal
RDO	Registro Diário de Obra
SAP	Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung
SPC	Statistical Process Control
STP	Sistema Toyota de Produção
TRF	Troca Rápida de Ferramentas

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – As quatro categorias de Liker (2004)	Pag. 23
Figura 02 – Modelo de Fluxo (KOSKELA, 1992).....	Pag. 24
Figura 03 – Exemplo de mapa de fluxo de valor (ROTHER;SHOOK, 2003).....	Pag. 28
Quadro 01 – Resumo dos indicadores avaliados	Pag. 34
Figuras 04 e 05 – À esquerda: rede de drenagem. À direita: caixa de alvenaria em execução.....	Pag. 37
Figura 06 e 07 - À esquerda: escavação da caixa da rua. À direita: regularização de subleito em andamento	Pag. 37
Figuras 08 e 09 – Execução de meio fio em concreto, espalhamento de brita graduada e lançamento da capa asfáltica final	Pag. 38
Figura 10 – Fluxo do processo de execução de infraestrutura e pavimentação da Rua X	Pag. 39
Figura 11– Mapa de Fluxo de Valor Atual da rua X	Pag. 41
Quadro 02 – Elementos associados aos 4M em cada etapa do Fluxo de Valor	Pag. 42
Quadro 03 – Funcionários alocados ao longo da obra	Pag. 43
Figura 12 – Gráfico do absenteísmo registrado no período	Pag. 44
Figura 13 – Gráfico de rotatividade no período	Pag. 44
Figura 14 – Exemplo de Check List para qualificação de fornecedor	Pag. 46
Quadro 04 – Índice de avaliação dos fornecedores	Pag. 47
Figura 15 – Exemplo de Ficha de Inspeção de Fornecedor de Produto preenchida na obra.	Pag. 47
Quadro 05 – Resumo do desempenho dos fornecedores na obra.	Pag. 48
Figura 16 – Disponibilidade mensal do conjunto de equipamentos analisados.....	Pag. 50
Quadro 06 - Avaliação da obra quanto aos procedimentos padrões da empresa.....	Pag. 51
Quadro 07 – Resumo dos indicadores avaliados na obra Rua X.....	Pag. 53
Figura 17 - Mapa de Fluxo de Valor Idealizado da rua X.....	Pag. 58
Figura 18 – Classificação dos movimentos dos operários (OHNO, 1997)	Pag. 64
Figura 19 – Classificação dos dispositivos Poka-Yoke (GHINATO, 1996).....	Pag. 71
Quadro 08 – Resumo dos indicadores avaliados na obra Rua Y.....	Pag. 82
Figura 20 – Fluxo do processo de execução de infraestrutura e pavimentação da Rua Y.....	Pag. 85
Figura 21 e 22 – À direita, concha de 35 cm armazenada no canteiro e à esquerda,	

a concha já instalada e trabalhando na frente de serviço	Pag. 86
Quadro 09 – Painel de sinaleira 5s implantado na obra	Pag. 87
Quadro 10 – Check list de auditoria na obra	Pag. 88
Figura 23 e 24 – À direita e à esquerda, exemplos de utilização de poka-yoke para evitar os erros de cota no greide de terraplenagem final da pista.	Pag. 89
Figura 25 e 26 – À direita e à esquerda, ferramenta de poka-yoke implantada para evitar os erros de cota e espessura na aplicação de brita graduada.	Pag. 90
Figura 27 e 28 – À direita e à esquerda, sistema de sinalização implantado na retroescavadeira.	Pag. 92
Figuras 29 e 30 – Material descarregado e aplicado diretamente na frente de trabalho	Pag. 93
Figura 31 – Esquema de avanço dos trabalhos e distribuição do material na via....	Pag. 94
Figura 32 – Brita graduada sendo descarregada e aplicada diretamente na pista	Pag. 95
Figura 33 - Mapa de Fluxo de Valor Atual da rua Y.....	Pag. 96
Quadro 11 - Elementos associados aos 4M em cada etapa do Fluxo de Valor	Pag. 97
Quadro 12 – Funcionários alocados ao longo da obra	Pag. 98
Figura 34 – Gráfico de rotatividade no período.	Pag. 99
Quadro 13 – Índice de avaliação dos fornecedores realizado semestralmente	Pag. 101
Quadro 14 – Exemplo de Ficha de Inspeção de Fornecedor de Produto preenchida a cada	Pag.101
Quadro 15 – Resumo do desempenho dos fornecedores na obra.	Pag.102
Figura 35 – Disponibilidade mensal do conjunto de equipamentos analisados.	Pag.104
Quadro 16 - Avaliação aos procedimentos padrões da empresa – comparativo entre as obras da rua X e rua Y	Pag.106
Quadro 17 – Resumo da análise dos indicadores referente aos 4 M na obra estudada.	Pag.107
Quadro 18 - Associação de interferências encontradas com os 14 princípios de Liker (2004)	Pag.109
Quadro 19 - Comparativo dos indicadores referente aos 4 Ms nas obras estudadas.....	Pag.113

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Horas de perdas (faltas e atrasos) ocorridos no período da obra	Pag. 43
Tabela 02 – Movimentações de pessoal ocorridas na obra (demissões e contratações)	Pag. 43
Tabela 03 – Análise de Estabilidade e Capacidade dos indicadores de Mão de Obra.	Pag. 45
Tabela 04 – Análise de Estabilidade e Capacidade dos materiais.	Pag. 48
Tabela 05 - Disponibilidade média dos equipamentos analisados no período da obra X	Pag. 49
Tabela 06 - Análise de Estabilidade e Capacidade dos indicadores de Máquina.....	Pag. 50
Tabela 07 - Verificação de aderência da obra aos métodos da empresa.....	Pag. 52
Tabela 08 – Rotatividade de pessoal ocorrida na obra (demissões e contratações) ..	Pag. 98
Tabela 09 – Análise de Estabilidade e Capacidade dos indicadores de Mão de Obra	Pag. 99
Tabela 10 – Análise de Estabilidade e Capacidade dos materiais.	Pag.103
Tabela 11 - Disponibilidade média dos equipamentos analisados no período da obra.	Pag.104
Tabela 12 - Análise de Estabilidade e Capacidade dos indicadores de Máquina	Pag.105
Tabela 13 - Verificação de aderência da obra aos métodos da empresa.....	Pag.106

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	Pag. 14
1.1. Contexto.....	Pag. 14
1.2. Problema de pesquisa	Pag. 15
1.3. Objetivos da Pesquisa	Pag. 16
1.4. Estrutura da dissertação e delineamento da pesquisa	Pag. 17
1.5. Delimitações da pesquisa	Pag. 18
2. ARTIGO 1: <i>Avaliação da estabilidade do Fluxo de Valor sob a perspectiva lean: um estudo de caso na área de infraestrutura e pavimentação</i>	Pag. 19
2.1. Introdução	Pag. 19
2.2. Referencial teórico	Pag. 21
2.3. Método de pesquisa	Pag. 30
2.4. Resultados e discussão	Pag. 35
2.5. Conclusões.....	Pag. 58
2.6. Referências	Pag. 59
3. ARTIGO 2 : <i>Uso de práticas lean em obra de infraestrutura e pavimentação viária</i>	Pag. 62
3.1. Introdução	Pag. 62
3.2. Referencial teórico	Pag. 63
3.3. Método de pesquisa	Pag. 74
3.4. Resultados e discussão	Pag. 84
3.5. Conclusões	Pag.110
3.6. Referências	Pag.111
4. CONCLUSÕES	Pag.113
5. REFERÊNCIAS	Pag.118

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contexto

O Brasil é um país que necessita de investimentos no setor de infraestrutura cada vez maiores. Existem boas chances de que estes investimentos ocorram de uma maneira mais acelerada nos próximos anos, de forma a reforçar ou até mesmo manter a viabilidade econômica do nosso país. Neste cenário, o setor de infraestrutura viária também deve receber muitos investimentos, visto que uma das formas priorizadas para o escoamento da produção no país é a malha rodoviária.

Segundo dados do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT, 2011) cerca de 79,80% da malha viária existente no Brasil não é pavimentada, sendo que 90,40% desta malha viária não pavimentada compete hoje aos municípios. São 1.366.578,20 km de estradas não pavimentadas e geralmente em más condições.

Dentro deste cenário nacional, a execução de obras de pavimentação viária ainda é realizada da mesma maneira há muitos anos, com níveis de perdas altos e poucas melhorias nos processos de execução. Assim, há um campo fértil para aumento de eficiência nesta modalidade de obras, com redução de perdas e aumento de competitividade. Uma das alternativas para a redução de perdas nesse setor é o uso do sistema de produção enxuta (ou *lean production*), originado no Sistema Toyota de Produção. De fato, a construção civil tem sido objeto de muitas aplicações lean, muitas delas relatadas nos anais dos eventos anuais do *International Group for Lean Construction (IGLC) et al.* A tentativa de aplicação dos conceitos de produção enxuta na construção civil não é recente. Koskela (1992) demonstrou como os princípios lean podem ser úteis à construção civil, dando origem a uma disciplina denominada Construção Enxuta. Diversas práticas, ao longo do tempo, têm sido desenvolvidas para operacionalizar as ideias *lean* na construção civil. Em particular, o sistema *Last Planner* de controle da produção (BALLARD, 2000) tem sido amplamente usado nesse sentido, incorporando diversos princípios enxutos, como produção puxada, trabalho colaborativo, e redução da variabilidade. Além disso, diversas práticas *lean*, seguindo os mesmos princípios usados na manufatura, tem sido usadas na construção civil.

Contudo, são raros os trabalhos de mentalidade enxuta ligados à área de rodovias ou de infraestrutura e pavimentação viária. Por exemplo, o estudo de Fullalove (2013) apresenta

práticas *lean* aplicadas aos setores de projeto e logística na Agência de Rodovias no Reino Unido. Com a aplicação destas práticas, foram alcançados benefícios que proporcionaram retorno sobre o investimento da ordem de 20:1, com montantes acima de £ 80 milhões sobre o investimento. Dawood *et al* (2010) apresentam um modelo de gestão, aplicado em caso real, com o objetivo de reduzir a complexidade das operações de terraplenagem, simplificar o planejamento das atividades e reduzir as perdas operacionais, utilizando ferramentas visuais e fazendo uso de conceitos da mentalidade enxuta. Outro estudo de aplicação de ferramentas *lean* na área de construção de rodovias foi realizado por Gaio e Cachadinha (2011), onde os autores identificam os principais problemas e as principais perdas presentes em obras rodoviárias em Portugal, e avaliam como as ferramentas da *Lean Construction* podem oferecer soluções para correção destes problemas ou eliminação destas perdas.

1.2. Problema da pesquisa

Segundo Liker e Meyer (2007) a estabilidade é um requisito fundamental para o sucesso da implantação dos princípios enxutos. A estabilidade é um estado produtivo que produz resultados previsíveis ao longo do tempo (LIKER; MEYER, 2007), por meio da disponibilidade no momento correto, de mão-de-obra, materiais, máquinas e método (4M).

Sem a estabilidade, os princípios e práticas *lean* tornam-se difíceis de serem sustentados ao longo do tempo. Por exemplo, sem estabilidade, os processos fornecedores não são capazes de atender *just-in-time* os processos clientes, levando à perda de credibilidade em práticas como a produção puxada. Além disso, estabilidade em um processo é necessária para que o sistema não tenha interrupções constantemente (LIKER; 2005), o que tem impactos severos em um sistema *lean*, visto que nesse sistema os estoques em processo tem tamanhos máximos delimitados. Isso também cria um senso de urgência na resolução dos problemas à fim de que o equipamento volte a operar.

Apesar da importância da estabilidade, existem poucos estudos tratando da avaliação da mesma, seja na construção civil ou em outros setores. O trabalho de Benetti (2010) apresenta diretrizes para avaliar a estabilidade e capacidade de indicadores relacionados aos 4M em uma empresa de pré-moldados. Benetti (2010) avaliou a estabilidade e a capacidade dos indicadores através da utilização de estatística robusta em cada um dos indicadores associados

aos 4M (mão-de-obra, material, método e máquina). Bullhões (2009) propôs diretrizes para a implantação de fluxo contínuo na construção civil, com base nos conceitos e ferramentas da Mentalidade Enxuta, aplicados na indústria de pré-moldados e em obras de edificação. Nas obras de edificação, foi avaliada a estabilidade e implantadas melhorias no planejamento e controle da produção (PCP), através do sistema *Last Planner*.

Com a estabilização de um processo, é possível uma análise quanto a sua capacidade. Essa análise proporcionará parâmetros para tomada de decisão mais precisa quanto a mudanças de um sistema produtivo. Em geral, os processos podem apresentar estabilidade e ainda assim não serem capazes devido à variabilidade no processo produtivo ser maior que a faixa especificada e determinada pelo cliente (PIRES, 2004). Constatada a estabilidade do processo é possível quantificar a sua capacidade por meio de índices. O processo deve ser estável para que a estimativa de capacidade se de em um processo seja possível e confiável. O aumento de capacidade de um processo ocorre com a diminuição da sua variação.

Logo, a capacidade do processo é a medida da variabilidade a partir de um processo estável, que fabrica produtos dentro de uma faixa especificada em projeto. Através do índice de capacidade, é possível classificar um processo como **capaz** ou **não capaz**. O processo é capaz quando os resultados das medições dos indicadores avaliados estão dentro de um intervalo especificado em projeto, ou seja, do ponto de vista estatístico, não está produzindo produtos defeituosos. Já o processo é classificado como **não capaz** quando os resultados das medições dos indicadores avaliados estão fora do intervalo especificado em projeto, ou seja, estatisticamente há indicações de que estão sendo produzidos produtos defeituosos (MONTGOMERY, 2004).

1.3. Objetivos da pesquisa

Com base no cenário e contexto apresentados até aqui, a principal questão desta pesquisa é: como avaliar a estabilidade e a capacidade do fluxo de valor, sob a ótica lean, em uma obra de infraestrutura viária?

As questões secundárias, decorrentes da questão principal, são: (i) como aplicar práticas enxutas em obras de infraestrutura viária? (ii) como as particularidades de uma obra de infraestrutura viária influenciam na aplicação de práticas enxutas?

Com base nestes questionamentos, o objetivo principal deste trabalho é propor recomendações para avaliar a estabilidade e capacidade do fluxo de valor em obras de infraestrutura e pavimentação viária.

Os objetivos secundários são: a) propor e aplicar práticas enxutas em uma obra de infraestrutura e pavimentação viária e b) avaliar as particularidades da implantação de práticas enxutas em uma obra de infraestrutura e pavimentação viária.

1.4. Estrutura da dissertação e delineamento da pesquisa

O presente trabalho de conclusão do mestrado profissional está estruturado na forma de dois artigos científicos. Ele inicia com a apresentação do contexto em que se insere a pesquisa, problema estudado, método e delimitações da pesquisa. Os dois artigos que compõem o centro do trabalho são apresentados nos capítulos II e III.

O primeiro artigo responde à questão principal deste trabalho. Nele, avaliaram-se os parâmetros de produção de uma obra de infraestrutura e pavimentação viária executada da maneira tradicional, analisando a estabilidade e a capacidade de indicadores associados aos 4M e estabelecendo um Mapa de Fluxo de Valor do cenário atual. Neste trabalho ainda é proposto um Mapa de Fluxo de Valor do estado futuro, baseado em parâmetros idealizados.

O segundo artigo reponde à questão secundária (a) deste trabalho, através da escolha de uma segunda obra de infraestrutura e pavimentação viária similar à obra analisada no primeiro estudo, e nela foram implantadas algumas ferramentas do pensamento enxuto. Após a implantação destas ferramentas, foram avaliados novamente os parâmetros produtivos deste novo cenário. Avaliou-se o Mapa de Fluxo de Valor desta nova situação e a estabilidade e capacidade dos indicadores associados aos 4M.

O artigo 1 e o artigo 2, em conjunto, respondem à questão secundária (b), através de um comparativo entre os dois cenários produtivos estudados e uma análise dos dois resultados.

1.5. Delimitações da pesquisa

As principais delimitações desta pesquisa são: (i) a análise de apenas duas obras de infraestrutura e pavimentação viária (ii) o uso de apenas algumas práticas *lean*, ao invés da produção enxuta como um sistema de negócios com impacto em todas as áreas da empresa (iii) o uso apenas de indicadores associadas aos 4M (iv) a ausência de indicadores de qualidade. Ainda existiram outras delimitações, perante as dificuldades enfrentadas, tais como a desconsideração das condições impostas pelo meio ambiente, como as condições climáticas e a desconsideração da influencia da comunidade no entorno da obra.

2. ARTIGO 01

AValiação DA ESTABILIDADE DO Fluxo DE VALOR SOB A PERSPECTIVA “LEAN”: UM ESTUDO DE CASO NA ÁREA DE INFRAESTRUTURA E PAVIMENTAÇÃO

Saulo Joaquim de Freitas

Saulo.jfreitas@gmail.com

Mestrado Profissional em Engenharia de Produção – Orientador: Dr. Tarcisio Abreu Saurin

RESUMO

A construção civil no Brasil é caracterizada historicamente por muitas perdas. Dentro deste cenário, o setor de infraestrutura e pavimentação tem estas perdas potencialmente aumentadas por fatores como a variabilidade das áreas onde são executados os trabalhos, pela ação climática, pela desqualificação e rotatividade da mão de obra, e pela falta de sincronização entre as etapas de serviço a serem executadas. O presente trabalho tem por objetivo avaliar a estabilidade do fluxo de valor de uma obra de pavimentação e infraestrutura, sob a perspectiva *lean*. O método de avaliação usado é constituído pelas seguintes etapas: (i) identificar uma obra padrão para análise; (ii) identificar indicadores de desempenho associados aos 4 M's que caracterizem o processo (material, mão-de-obra, máquina e método); (iii) montagem do Mapa de Fluxo de Valor atual; (iv) avaliar a estabilidade nas etapas de fluxo de valor; (v) proposição de melhorias para os indicadores;

Palavras Chaves: Mentalidade Enxuta, Estabilidade, Fluxo de Valor, Infraestrutura e Pavimentação Viária, Rodovia.

2.1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o setor da construção de infraestrutura viária deverá receber um forte investimento do setor público e privado, pois se chegou a um momento da economia nacional em que o crescimento do país e os resultados dos demais setores dependem da ampliação da sua infraestrutura (estradas, portos, ferrovias e do setor de energia) e com a consequente melhoria da sua logística.

A avaliação da estabilidade do fluxo de valor sob a perspectiva *lean*, e as ações possíveis de serem tomadas a partir dos dados e indicadores apontados e avaliados, com base nos 4M (mão de obra, material, máquina e método) e a identificação das perdas do processo construtivo podem representar uma ferramenta a ser considerada para o aumento de competitividade das empresas neste setor. Mão-de-obra na qualificação e quantidade necessária, o material correto na quantidade correta e na hora certa, a disponibilidade do equipamento correto para a realização de cada tarefa e a definição de um método simplificado e adequado para a realização dos trabalhos são os pontos chaves para a obtenção da estabilidade. A estabilidade, por sua vez, é a base para a sustentação dos princípios de mentalidade enxuta (LIKER, 2007; BULHÕES, 2009). Sem estabilidade, os processos e fluxos implantados que visam à mentalidade enxuta tornam-se frágeis e por vezes insustentáveis.

A mentalidade enxuta origina-se de uma tentativa de definir ou especificar valor com precisão (JACKSON; JONES, 1996; WOMACK; JONES, 2004). Para esta especificação de valor, é necessário conhecer toda a cadeia produtiva, desde a matéria prima até a entrega do produto final para o cliente. Esse princípio implica em enxergar o fluxo de valor completo e não apenas atividades isoladas. A aplicação deste princípio que norteou este trabalho.

A definição de indicadores em um cenário existente, a avaliação da estabilidade destes indicadores e a avaliação do fluxo de valor sob a perspectiva *lean* é o primeiro passo para identificação de perdas e a melhoria do processo. Em sequencia, é possível realizar ações a partir dos dados e indicadores apontados, com a inserção de ferramentas *lean* nos fluxos dos processos, que podem ser adotadas e monitoradas através destes mesmos indicadores.

A perspectiva *lean* ou “enxuta”, por sua vez, é um sistema de pensamento voltado para a eliminação de perdas. Ela representa um sistema completo e não apenas a aplicação de ferramentas isoladas, pois todas as ferramentas deste sistema estão interligadas.

Com isso, os principais objetivos pretendidos com este trabalho são: a) elaborar um Mapa de Fluxo de Valor da situação existente em uma obra; b) identificar os indicadores para avaliar a estabilidade do fluxo de valor; c) avaliar a estabilidade do fluxo de valor sob a perspectiva “*lean*” na construção civil pesada – infraestrutura e pavimentação;

Assim, este estudo foi desenvolvido em 5 seções. Nessa **primeira** seção foi apresentado o problema para o estudo de caso e a justificativa de seu estudo mais aprofundado. **O capítulo 2** apresentará aspectos referentes fundamentos teóricos para a estabilidade do processo

produtivo, lançando-se mão para isso da literatura existente. **O capítulo 3** relata as etapas do estudo de caso, bem como a avaliação de cada uma de suas fases e nos levantamentos para obtenção do processo e dos indicadores 4M, que justificam a estabilidade ou instabilidade apontada. **O capítulo 4** apresenta os resultados obtidos para os indicadores selecionados quanto à sua estabilidade ou não. Por fim, **o capítulo 5** apresenta os resultados obtidos e as conclusões, bem como sugestões para outros estudos.

2.2 . REFERENCIAL TEÓRICO

2.2.1 Princípios da Mentalidade Enxuta (*Lean Thinking*)

Os cinco princípios apresentados por Womack e Jones (1996) com o objetivo de explicar a mentalidade enxuta são: Valor, Fluxo de Valor, Fluxo Contínuo, Puxar e Perfeição.

2.2.1.1. Valor

O valor está relacionado ao processo de identificação e satisfação das necessidades do cliente final. São exigências individuais ou sociais destes clientes que devem ser satisfeitas com bens e serviços. A maior parte das corporações tem dificuldade para definir valor para seus clientes e adaptarem a sua estrutura física para produzirem o que o cliente realmente deseja (muitas produzem apenas o que são capazes, mas não analisam o produto realmente pela ótica do cliente).

2.2.1.2. Fluxo de Valor

Relaciona-se com a necessidade de identificar toda a cadeia do processo de formação de valor (cadeia produtiva, fábrica ou um processo de produção específico). Quanto à análise do processo de formação de valor, devem-se separar dois tipos de atividades – as que criam valor e as que não criam valor, ou desperdício.

2.2.1.3. Fluxo contínuo

Este princípio tem foco nas modificações de processos de forma que ocorram em fluxo contínuo. Estas modificações devem ser propostas após uma análise e compreensão do fluxo de valor, sendo esta a maior dificuldade para o estabelecimento do fluxo contínuo. Mas existem outras dificuldades que serão enfrentadas durante o processo: (a) layout (b) máquinas com pouca mobilidade (c) dificuldade de adaptação à mudança de demanda (d) manutenção.

Como recomendação para enfrentamento destas dificuldades, Womack e Jones (1996) propõem o seguinte: a) foco no objeto real b) transpor as fronteiras tradicionais de tarefas, profissionais e funções, c) repensar ferramentas, com objetivo de eliminar as paralisações, tudo com impacto direto no lead time.

2.2.1.4. Puxar

Este princípio tem foco na “inversão” do sistema produtivo convencional, onde as empresas empurravam os seus produtos para o consumidor, passando para um sistema onde o cliente puxa a produção. Para isto, é necessário rapidez de produção e distribuição, tornando possível a redução ou eliminação de estoque de produtos acabados. Na mentalidade enxuta, o sistema de produção puxado ocorre onde o processo posterior sinaliza o anterior das suas demandas e necessidades de produção.

2.2.1.5. Perfeição

Este princípio está relacionado à melhoria contínua (*KAIZEN*), através do esforço de todos os envolvidos no processo para a redução ou eliminação de todo o tipo de desperdício.

2.2.2. O DNA do Sistema Toyota de Produção

Spear e Bowen (1999) propõem quatro regras, desenvolvidas à partir de observações de regras não explícitas adotada pela Toyota e que, segundo os autores, tem papel importante na vantagem competitiva da montadora em relação às outras indústrias do ramo. São estas:

Regra 1 – Como as pessoas trabalham (Padronização)

A especificação obrigatória para toda e qualquer atividade é a primeira regra do sistema. Todos os trabalhos devem ser detalhados e especificados no que tange a sequência, conteúdo e resultado (SPEAR; BOWEN, 1999).

Regra 2 – Como as pessoas se conectam (Estabelecer conexões)

Determina que cada conexão cliente-fornecedor deve ocorrer de forma direta e deve existir um processo inequívoco para solicitação e recebimento das respostas. Todos devem saber o que fornecer e a quem fornecer, quando fornecer e em que quantidade fornecer. Fichas kanban e dispositivos do tipo Andon são técnicas de conexão entre cliente e fornecedor.

Regra 3 – Construção da Linha de Produção

Esta regra estipula que todos os fluxos dos produtos devem ser simples e diretos. O produto ou serviço migra na linha de produção para uma etapa subsequente específica e definida.

Regra 4 – Melhoria contínua

Esta regra postula que todas as melhorias devem ser feitas conforme um método científico, sob a orientação de um instrutor ou professor, no nível organizacional de mais baixo possível. Sob esta ótica, identificar o problema é apenas a primeira etapa. Para que as pessoas realizem mudanças é necessário que elas saibam como fazer e quem deve fazê-las.

2.2.3. O Sistema Toyota de Produção – STP

Liker (2005) organizou e propôs 14 princípios fundamentais do STP (figura 1) em forma de Pirâmide, organizados em quatro categorias: 1) filosofia de planejamento de longo prazo 2) Eliminação de perdas no processo 3) Desenvolvimento de pessoas 4) Melhoria Contínua e Aprendizagem Organizacional.

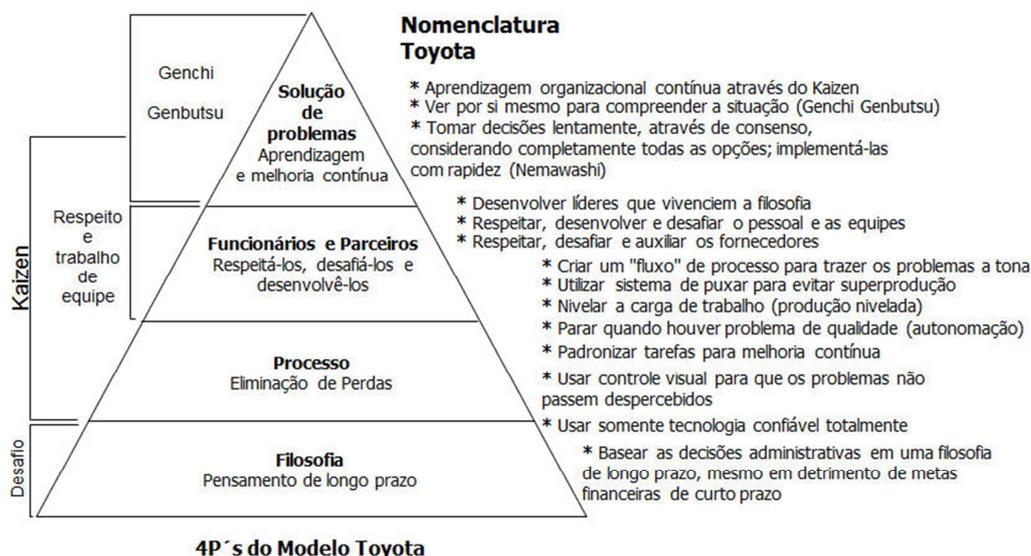


Figura 1 – As quatro categorias de Liker (2005)

2.2.4. Adaptação das ideias do STP na Indústria da Construção Civil

A primeira tentativa de adaptação da filosofia de Produção Enxuta (PE) para a construção civil se deu com a publicação do trabalho de Koskela (1992). Este trabalho, intitulado “*Application of the new production philosophy in the construction industry*” expõe o conceito de processo, como fluxo de materiais ou informações da matéria-prima até o produto final. O fluxo proposto, conforme figura 2 é composto pelas atividades de processamento, inspeção, movimentação e espera.

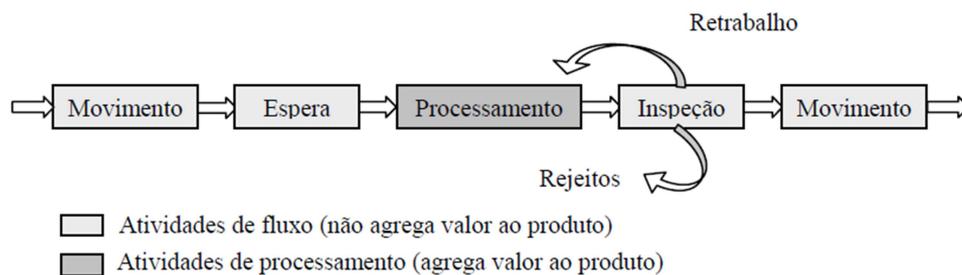


Figura 2 – Modelo de fluxo (KOSKELA, 1992)

Outro marco importante para a construção enxuta foi a criação do International Group for *Lean Construction* (IGLC). Este fórum acadêmico, formado por pesquisadores da área, tem como sua principal finalidade a transferência dos conceitos e idéias da PE para a construção civil.

Koskela (1992) apresenta uma série de princípios para a gestão dos processos com a finalidade da construção enxuta:

- a) **Redução de atividades que não agregam valor:** minimizar atividades que consomem recursos e não contribuem para atender ao cliente;
- b) **Aumento de valor através da análise das necessidades do cliente:** o valor é gerado através do atendimento dos requisitos dos clientes (internos e externos) e não é um resultado inerente ao processo. Quanto mais próximo e direcionado à estes requisitos, maior valor agregado ao produto final.
- c) **Redução da variabilidade:** redução das interrupções de trabalho e retrabalho visando manter a qualidade. A padronização (SHINGO, 1996) dos procedimentos é o melhor caminho para reduzir a variabilidade do processo e do produto.
- d) **Redução do tempo de ciclo de produção:** este tempo refere-se à redução da soma dos tempos necessários para processamento, inspeção, espera e movimentação.

- e) **Redução de número de passos ou partes:** visa à simplificação do processo através da redução de partes do processo, eliminando atividades que não agregam valor.
- f) **Aumento da flexibilidade de execução do produto:** a forma de combate à incerteza existente no processo de criação, segundo Koskela (1992), dá-se através redução de lotes para tamanhos próximos aos da demanda, da redução no tempo de setup e da adequação do produto aos requisitos do cliente. Segundo Bernardes (2001), outra forma de flexibilidade é a criação de equipes polivalentes.
- g) **Transparência do processo:** o aumento da visibilidade dos funcionários com relação ao processo promove a redução de erros.
- h) **Controle do processo como um todo:** análise de todo o processo para correção de desvios. Análises setoriais e gerenciais tendem a ser míopes e não possibilitar a identificação e correção de desvios (KOSKELA, 1992).
- i) **Melhoria Contínua do processo:** redução de desperdício e aumento de valor deve ser e ocorrer de uma busca contínua dentro da empresa (KOSKELA, 1992).
- j) **Balanceamento dos fluxos e conversões:** quanto maior a complexidade do processo produtivo, maior o impacto de qualquer melhoria no fluxo (KOSKELA, 1992).

2.2.5. Conceitos de estabilidade

A estabilidade é um estado de previsibilidade assegurado pela disponibilidade constante de mão de obra, materiais, máquinas e método (4M). É a capacidade de produzir resultados estáveis ao longo do tempo e seu desenvolvimento não é um fim por si só, mas um dos fundamentos para a obtenção do processo enxuto (LIKER; MEIER, 2007). Pode-se dizer que para ter estabilidade, o sistema não pode ter interrupções e deve fluir constantemente (LIKER, 2005).

Um processo é dito estável e sob controle quando apresenta uma variabilidade estatisticamente estável, em termos da média e dispersão, ao longo do tempo de produção. Processos sob controle estatístico apresentam apenas causas comuns de variação. Por outro lado, um processo se apresenta fora de controle estatístico quando seu comportamento tem uma variabilidade estatística instável e sem uniformidade ao longo do tempo, apresentando causas comuns e especiais de variação (WERKEMA, 1995).

2.2.5.1. Uma visão estatística de estabilidade dos indicadores – confiabilidade, capacidade e variabilidade

A confiabilidade de um processo é definida como a probabilidade de um componente ou processo não falhar durante o período de tempo previsto para a vida, em determinadas condições de uso (LAFRAIA, 2001). Confiabilidade, de acordo com Fogliatto e Ribeiro (2009) é a mensuração da probabilidade de falha do sistema e suas barreiras de proteção. Logo, a confiabilidade é a probabilidade de algo ter um desempenho adequado, por um tempo determinado e em condições ambientais determinadas (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009). A estabilidade de um processo depende da obtenção de certo nível de confiabilidade.

A capacidade de um processo corresponde a uma variabilidade mínima possível de se obter após as principais causas de falha serem eliminadas. De acordo com um índice de capacidade, um processo pode ser classificado como capaz ou incapaz. O processo é capaz quando as medições dos parâmetros de controle efetuadas estão dentro dos parâmetros de projeto (ou sem produtos defeituosos). O processo é incapaz quando os resultados destas medições estão fora dos parâmetros de projeto, ou seja, estatisticamente existem indicações de que estão sendo produzidos produtos com falhas ou defeituosos (MONTGOMERY, 2004; RAMOS, 2000).

Todo e qualquer processo produtivo, opera com alguma variabilidade, podendo esta variabilidade ser inerente do processo ou não. Esta variabilidade faz com que o produto não seja produzido dentro dos limites de especificação. A eliminação total desta variabilidade é impossível, mas a redução deve ser a maior possível para manter o processo estável e os produtos dentro do conjunto de especificações exigidas pelo cliente (RAMOS, 2000). As fontes de variabilidade são inerentes aos processos, ou seja, são causadas pelo efeito cumulativo de muitas causas pequenas e inevitáveis. Já as fontes de variabilidade que não são inerentes ao processo (ajuste de máquinas, erro humano, qualidade da matéria prima, etc.) são denominadas também de causas atribuíveis. A variabilidade por causas atribuíveis é maior que a variabilidade inerente, quando os produtos são produzidos fora dos limites especificados e indicando que o processo está fora de controle estatístico (MONTGOMERY, 2004).

2.2.5.2. Estabilidade da Mão-de-obra

A estabilidade de mão de obra dá-se através da disponibilidade, escolha e treinamento da mão de obra. No modelo Toyota, o processo de seleção escolhe as pessoas que melhor se adaptam ao modelo e às necessidades. O processo de seleção deve procurar pessoas com características desejáveis como: motivação, participação e liderança em reuniões, iniciativa, adaptabilidade, identificação de problemas, solução de problemas e habilidade de comunicação. Com relação ao treinamento, este precisa ser baseado em padrões pré-estabelecidos (LIKER; MEIER, 2007).

2.2.5.3. Estabilidade das Máquinas

Com relação à estabilidade das máquinas, uma manutenção adequada é o principal mecanismo para garantir equipamento confiável e estável. Um programa de manutenção básica e preventiva, como inspeção, limpeza e lubrificação deve ser realizado pelo operador, de forma que a equipe de manutenção possa focar em manutenções preventivas mais complexas, garantindo o funcionamento do equipamento (DENNIS, 2008, LIKER; MEIER, 2007).

2.2.5.4. Estabilidade dos Materiais

A estabilidade dos materiais é garantida pela sua disponibilidade no posto de trabalho, na quantidade e qualidade certa, garantindo que a produção não pare pela falta dele (CHENG; PODOLSKY, 1993). A instabilidade deste recurso torna necessária a criação de um estoque maior para compensar a ineficiência (SHINGO, 1996). O reflexo da estabilidade do material no fluxo de produção é a possibilidade de redução dos estoques.

2.2.5.5. Estabilidade do Método

Segundo Liker (2004), a padronização é a base necessária sobre a qual a melhoria será fundamentada. O estabelecimento de processos e procedimentos padronizados é a maior chave para a criação de desempenho consistente. Somente quando o processo é estável que se pode iniciar a melhoria contínua (LIKER; MEIER, 2007).

2.2.6. Fluxo contínuo

O Fluxo de produção contínuo é um dos princípios da Mentalidade Enxuta, proposto por Womack e Jones (2004). É uma maneira de atender, com eficiência, à demanda sem estimular

a superprodução. Ele deve ser perseguido desde a matéria prima até os produtos acabados. Criar fluxo contínuo é produzir e movimentar um item ou peça por vez, ao longo de uma série de etapas de processamento, sendo que em cada etapa realiza-se apenas o que é demandado pela etapa seguinte (ROTHER; SHOOK, 2003). Para a implementação de fluxo contínuo em empresas de manufatura, Rother e Harris (2002) criaram um modelo dividido nas seguintes etapas:

- a) Mapeamento do Fluxo de Valor das principais famílias de produtos;
- b) Implementação do fluxo contínuo, do balanceamento das operações do trabalhador e do sistema de produção puxado;
- c) Utilização do trabalho padronizado;
- d) Melhoria contínua do processo de padronização.

2.2.7. Mapeamento de fluxo de valor

O primeiro passo para implementação do fluxo contínuo é o mapeamento de fluxo de valor, incluindo os fluxos de materiais e informações, do produto ou da família de produtos com foco na melhoria (ROTHER; HARRIS, 2002). Esse mapa consiste na representação de todas as etapas envolvidas no fluxo de material e informação, necessárias para atender o cliente, do pedido até a entrega (LIB, 2003). O MFV é uma ferramenta que permite a visualização e entendimento dos processos, assim com a identificação de perdas. O processo de mapeamento possui quatro grandes etapas: identificação da família de produtos, o desenho do estado atual, a proposta de trabalho futuro e o plano de trabalho. A família de produtos consiste em grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos em comum (ROTHER; SHOOK, 2003) – figura 3.

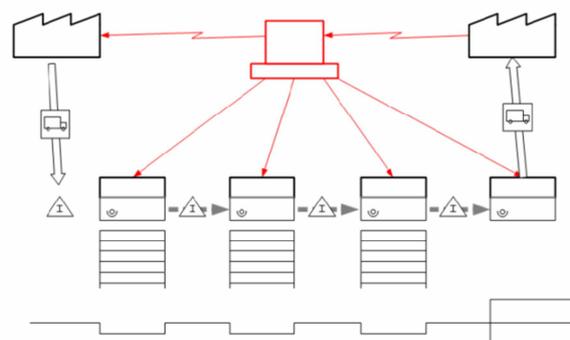


Figura 3 – Exemplo de mapa de fluxo de valor (ROTHER; SHOOK, 2003).

Para o desenvolvimento do MFV do estado atual, é indispensável a coleta de dados no chão de fábrica. Cada etapa do fluxo de valor é representada pelo ícone caixa do processo onde são registradas informações como as seguintes: a) Tempo de ciclo b) Tempo de troca c) Número de pessoas d) Tempo de trabalho disponível. Além disso, outras informações tipicamente apresentadas nos MFV são o tamanho dos lotes de produção, estoques acumulados (ícone triângulo), fornecedor de matéria-prima e tamanho dos lotes de entrega (ícone de fábrica) (ROTHER; SHOOK, 2003). Após o detalhamento do fluxo de material, desenha-se o fluxo de informação. Estas informações são representadas por uma linha, e quando for transferida por meio eletrônico, fica na forma de raio (ROTHER; SHOOK, 2003). Com os dados obtidos, podem-se resumir todas as informações em uma linha do tempo, desenhada abaixo das caixas de processo e dos triângulos de estoque para registro do *lead time* de produção (tempo total que uma peça leva para percorrer todo o chão de fábrica).

Para uma análise de melhoria e construção de um MFV futuro, Rother e Shook (2003) propõem ainda os seguintes questionamentos:

- Qual o tempo de takt?
- Produzir para um supermercado ou diretamente para expedição?
- Onde utilizar fluxo contínuo?
- Onde introduzir sistemas puxados?
- Em que cadeia de produção se programará a produção?
- É possível nivelar a informação em um processo puxado?
- Qual o incremento de trabalho que será liberado uniformemente do processo puxado?
- Quais as melhorias necessárias nos processos para a implementação do fluxo de valor proposto no mapa futuro?

Por fim, para a implantação, Rother e Shook (2003) recomendam a divisão do MFV do estado futuro em segmentos menores ou loops, e desenhá-los no mapa. Cada segmento deve ter listados seus objetivos e suas metas e elabora-se um plano de ação com um planejamento das atividades detalhadas por etapa, com informações sobre o que fazer e quando fazer, metas quantificáveis e pontos de controle claros, com prazos e avaliadores definidos.

2.3. MÉTODO DE PESQUISA

2.3.1. Delineamento da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida por meio de **estudo de um caso**, realizado em campo. A investigação referiu-se à avaliação da estabilidade dos processos que compõem o fluxo de valor para a execução de 100 metros de pista asfaltada e acabada em obra de infraestrutura viária (terraplenagem, drenagem e pavimentação). Neste cenário, o estudo de caso foi desenvolvido com uma abordagem quantitativa e qualitativa de indicadores, opção considerada mais adequada para a análise da estabilidade. Este estudo, de caráter exploratório, permitiu o levantamento e conhecimento da complexidade do trabalho avaliado em ambiente real.

O estudo desenvolveu-se através das seguintes etapas:

- a) Identificação dos componentes de cada elemento de produção – mão-de-obra, materiais, máquina e método;
- b) Identificação das etapas do fluxo de valor do caso estudado;
- c) Estabelecimento de indicadores para cada um dos 4M;
- d) Verificação da estabilidade e capacidade de cada indicador.

A coleta dos dados para realização das etapas anteriores se deu por meio de:

- Entrevista com o coordenador e encarregado da obra;
- Análise do projeto da obra, bem como suas etapas de planejamento de execução;
- Coleta de dados de produtividade, disponibilidade e manutenção dos equipamentos através do sistema SAP da empresa, no respectivo centro de custo da obra;
- Registro fotográfico das diversas etapas da produção da obra;
- Dados do setor de Recursos Humanos da empresa – faltas e atrasos, demissões e contratações, número e cargo de funcionários, etc.;
- Dados de registro diário de produção através de registro RDO (Registro Diário de Obra) documento de registro padrão da empresa;
- Dados de planejamento através da Programação de Trabalho Semanal (PTS);

A partir deste estudo exploratório, e baseado no referencial teórico, foi possível desenvolver as etapas do estudo de caso:

- a) Elaboração do Mapa de Fluxo de Valor do estado atual;
- b) Elaboração de uma avaliação da estabilidade e capacidade dos indicadores associados aos 4M;

2.3.2. Caracterização da empresa escolhida

A empresa onde foram realizados os estudos objetos deste trabalho, denominada empresa Alfa, executa obras de infraestrutura e pavimentação na região metropolitana de Porto Alegre. Os serviços que compõem este tipo de trabalho podem ser classificados em três grandes categorias: a) Terraplenagem, b) Drenagem e c) Pavimentação. Ela pertence a um grupo de empresas que se encontram em uma classificação de médio porte, em função do número de funcionários de todo o grupo à que pertence. O setor de pavimentação, porém, quando analisado individualmente pode ser classificado como uma empresa de pequeno porte. A obra escolhida para o estudo de caso foi uma rua a ser pavimentada na zona leste da cidade de Porto Alegre, obra cujo prazo de execução foi de 17/10/2012 a 31/03/2013, ou seja, cerca de cinco meses e meio de obra. O principal critério para a escolha da empresa investigada neste estudo de caso foi a) o interesse pessoal no tema da pesquisa b) o esforço existente dentro da empresa na padronização e melhoria da produtividade dos serviços c) a facilidade de acesso dentro dos setores da empresa para obtenção das informações. Quanto à escolha das famílias de serviços, optou-se pela análise do conjunto das três categorias: Terraplenagem, Drenagem e Pavimentação. Esta divisão de categorias de serviços foi escolhida por ser a que se utiliza normalmente quando do orçamento de uma obra de infraestrutura e pavimentação viária, e tem como principal motivo a afinidade das tarefas que envolvem os serviços que as compõem.

2.3.3. Mapa de Fluxo de Valor da situação existente

O MFV do estado atual apresenta informações com respeito à produção e ao fornecimento de matéria-prima. Para elaborar o MFV foi necessário identificar as etapas do processo que formavam este fluxo de valor, quais os tempos de ciclo de cada etapa, quantos funcionários atuavam em cada etapa, quais os tempos de parada de produção e seus motivos, o número de pessoas envolvidas no processo, procedimentos de programação e controle de produção e dados sobre a matéria-prima utilizada nos processos avaliados (fornecedores, comunicação com os fornecedores, frequência de compras, estoque e formas de entrega e armazenamento).

Neste trabalho, foi considerado o MFV correspondente à produção de 100 metros de pista acabada. A obra toda tem tamanho aproximado de **340 m** de pista asfaltada com oito metros de largura entre meios-fios. Neste cenário, avaliaram-se os serviços de Terraplenagem, Drenagem e Pavimentação deste trecho.

2.3.4. Avaliação da estabilidade de fluxo de valor

- **Quanto à Mão de obra**

Durante a investigação dos dados junto ao setor de Recursos Humanos da empresa, verificou-se que havia dados e séries históricas disponíveis para cálculo de índice de absenteísmo e índice de rotatividade de mão-de-obra. Dados relativos ao número de funcionários alocados na obra, total de horas apropriado em cada serviço, total de faltas e atrasos, bem como horas extras também foram levantados pelo período que durou a execução da obra (17/10/2012 a 31/03/2013).

- **Quanto ao Material**

Primeiramente, procurou-se identificar dados existentes e possíveis indicadores para avaliar a estabilidade dos materiais. Diante desta análise, foi utilizado o índice de avaliação de fornecedores existente no sistema de qualidade da empresa. A periodicidade de avaliação deste índice é semestral e qualifica o fornecedor para integrar o quadro da empresa. Para estabelecer série histórica e avaliar os fornecedores e produtos entregues quanto à estabilidade e capacidade atendimento foi elaborado um check list, denominado Inspeção de Fornecedores de Produto, preenchido a cada entrega, e que avalia o fornecedor e o produto entregue segundo 5 critérios pré-definidos: a) preço de acordo com o pedido b) prazo/horário de entrega conforme previsto c) quantidade entregue conforme a nota fiscal d) qualidade da inspeção visual conforme padrão e) transporte adequado para a entrega.

- **Quanto às Máquinas**

As máquinas utilizadas durante a obra foram: 01 retroescavadeira Case 580, 01 motoniveladora Volvo G940, 01 rolo compactador CA-25, 01 caminhão basculante Trucado, 01 rolo de pneu e 01 vibrocabadora. Adotou-se o indicador de disponibilidade média mensal

dos equipamentos, que é obtido através da soma das horas totais que o equipamento estava na obra mês a mês e totaliza também as horas de desvio do equipamento (abastecimento, manutenção preventiva, manutenção corretiva e manutenção preditiva) ao longo do mês analisado. Dividem-se as horas totais de desvios pelas horas em que o equipamento esteve na frente de serviço. O resultado desta divisão, multiplicado por 100 gera o percentual do tempo total em que o equipamento não esteve disponível para trabalhar por conta dos desvios apontados. A diferença deste percentual para os 100% totais gera o indicador de disponibilidade do equipamento no mês. Com o indicador de disponibilidade mensal médio (média aritmética do percentual de disponibilidade de todos os equipamentos), analisa-se a capacidade e estabilidade do indicador associado à máquina.

- **Quanto ao Método**

Para a avaliação deste elemento de produção, foi estabelecido check-list de acordo com as instruções de trabalho registradas no manual de procedimentos e de trabalho padronizado da empresa. A avaliação da aderência dos trabalhos ao padrão pré-estabelecido se deu através de vistoria mensal, realizada nesta frente de serviço. Esta vistoria ocorre através da entrevista todos os funcionários da frente de trabalho e é executada por auditor interno de qualidade, funcionário da empresa devidamente treinado para esta função. Durante a auditoria, preenche-se o check list (quadro 06) e cada não conformidade apontada tem um peso: a) nota 10 para até duas não conformidades apontadas b) nota 5 para três à cinco não conformidades apontadas e c) nota 0 para mais de seis não conformidades apontadas. São avaliados três grandes grupos i) Documentos de qualidade ii) Registro de ações iii) Qualidade da operação. A Média das notas parciais de cada grupo e a média da nota obtida nos três grupos gera a nota do indicador final da auditoria. A nota obtida é do indicador de **aderência** da frente de trabalho aos **procedimentos padronizados (IT)** da empresa. A coleta de dados foi realizada mensalmente no período de execução da obra.

Resumidamente, os indicadores avaliados foram os apresentados no quadro 01.

Quadro 01 – Resumo dos indicadores avaliados na obra

QUADRO DOS INDICADORES COLETADOS				
ELEMENTO DE PRODUÇÃO	INDICADOR UTILIZADO	O QUE AVALIA	PERIODICIDADE	META OBRA
MÃO DE OBRA	ABSENTEÍSMO	ATRASOS FALTAS ATESTADOS SAÍDAS ANTECIPADAS	MENSAL	< 3% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)
	TURN OVER	MOVIMENTAÇÃO CONTRATAÇÃO DEMISSÃO	MENSAL	< 3% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)
MATERIAL	AValiação DE FORNECEDORES	DESEMPENHO DO FORNECEDOR A CADA ENTREGA	A CADA ENTREGA	>80% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)
MÁQUINA	DISPONIBILIDADE	DISPONIBILIDADE EFETIVA DO EQUIPAMENTO	MENSAL	>80% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)
MÉTODO	PROCEDIMENTO IT	PROCEDIMENTO QUE COMPÕE O TRABALHO REALIZADO	MENSAL	>80% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)

Como valores de meta para os indicadores, optou-se por utilizar as faixas definidas pelo sistema de gestão da empresa. Alguns destes indicadores já existem e são analisados na reunião de RAM – Reunião de Análise Mensal da empresa.

2.3.5. Análise estatística dos resultados obtidos

A abordagem estatística utilizada neste artigo foi a da estatística robusta (Robust Statistic) como uma abordagem para analisar a influencia de valores atípicos (outliers) (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2001), como alternativa a procedimentos da estatística clássica na identificação e eliminação desses valores. A estimativa da estatística robusta é calculada através da mediana (μ) dos valores obtidos para cada indicador selecionado. Foi utilizada também a estimativa robusta de *desvio padrão* (σ), por meio da relação com a amplitude interquartílica (AI), dada pela equação $\hat{\sigma} = \frac{3}{4} * AI$.

A amplitude interquartílica é calculada através da diferença entre o terceiro e o primeiro quartil ($AI=Q_3-Q_1$), na qual é uma medida que indica o quanto os pontos estão distanciados da mediana. O quartil é a medida que divide o conjunto em quatro partes iguais. O primeiro quartil (Q_1) é definido como separatriz que divide a distribuição em duas partes, na qual 25% dos valores sejam inferiores a este valor. O segundo quartil (Q_2) é coincidente com a mediana, pois é o valor que divide a distribuição de dados em exatamente metade dos elementos. Já o terceiro quartil (Q_3) representa o valor cujos 75% dos dados são inferiores a este valor.

Com isso, os valores dos indicadores selecionados foram avaliados pela estimativa robusta da média, para um valor médio central, que neste caso é a mediana ($\mu \pm 3\hat{\sigma}$) e do desvio padrão ($\hat{\sigma}$) para a estabilidade de um processo. Na sequência, os indicadores foram comparados com a meta estabelecida. Os limites superiores e inferiores adotados como limites teóricos são valores estipulados no sistema de gestão da empresa, que define estas faixas de limites aceitáveis. Estes limites superiores e inferiores são comparados com a mediana mais ou menos três vezes o desvio padrão ($\mu \pm 3\hat{\sigma}$).

Com isso, é realizado o teste de estabilidade. Este teste compara os valores mínimos e máximos das amostras, com o limite da mediana mais ou menos três vezes o desvio padrão ($\mu \pm 3\hat{\sigma}$). Caso não exista evidência de causas especiais atuando no processo, o teste classifica o processo como ESTÁVEL. Caso contrário, ou seja, percebe-se evidências de causas especiais atuando no processo, o teste o classifica como INSTÁVEL.

Pode-se ainda, analisando-se isoladamente os valores máximos e mínimos do indicador e comparando com os valores inferiores e superiores adotados, defini-lo como CAPAZ ou INCAPAZ.

2.3.6. Mapa do Fluxo de Valor Futuro

Elaborado tendo por base os tempos previstos em orçamento, com produtividades que foram baseadas nos melhores desempenhos de obras já concluídas ao longo da vida da empresa, e cujas perdas são consideradas em um cenário idealizado. Foi levado em consideração também, pontos de melhoria da estabilidade dos indicadores baseados nos 4M's, bem como o método e procedimentos sugeridos por Rother e Shook (2003).

2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1. A empresa e a obra analisada

A empresa Alfa escolhida para a realização do estudo atua na região metropolitana de Porto Alegre, sendo que o grupo a que pertence atua nas áreas de mineração de pedra britada, fornecimento de concreto e execução de obras de infraestrutura. A obra selecionada dentre todas as obras em andamento para este trabalho foi uma obra cujo cliente é a Prefeitura

Municipal de Porto Alegre, intitulada “Pavimentação e Infraestrutura da obra X”, obra que tem em seu escopo os serviços de execução de drenagem pluvial, de terraplenagem da via e a execução de pavimentação em camada asfáltica. O trecho total a ser pavimentado é 340 metros.

Esta empresa em estudo possui sistema de gestão da qualidade ISO9001 implantado desde 2010 e trabalha com registro diário de produção. Este registro é feito em formulário denominado Relatório Diário de Obra (RDO). Neste documento, o encarregado da obra registra a produção diária dos serviços executados na sua frente de trabalho e desvios ocorridos no dia. Com isso, o coordenador da obra (engenheiro gestor) compara a produção realizada no dia com o planejamento elaborado na semana. Este planejamento é feito semanalmente através da Programação de Trabalho Semanal – PTS. Desvios, como chuva, mudanças de projeto, interferências e até mesmo falta de material, são justificados e corrigidos semanalmente na próxima programação.

A etapa inicial dos trabalhos na obra é a marcação topográfica de todo o trecho, onde a equipe de topografia posiciona através coordenada (utilizando um equipamento denominado estação total), o local onde será executada a rua e os poços de visita da rede de drenagem. Esta marcação é feita com estacas de madeira pintadas, marcadas com a altura e a posição dos meios fios da rua, no caso de marcação de pista, e a posição e altura de escavação até o fundo dos poços de visita, no caso da marcação para a rede de drenagem pluvial.

A segunda etapa a ser executada é a etapa de drenagem, onde se instala, em valas abaixo da via, a tubulação em concreto para escoamento das águas pluviais. Nesta etapa também são executadas as caixas de inspeção da rede de drenagem e as caixas de coleta de águas pluviais em alvenaria. É uma etapa com uso intenso de mão de obra (pedreiros e serventes), embora também sejam necessários e utilizados equipamentos para a escavação das valas e para a movimentação de materiais. Estes equipamentos utilizados são basicamente escavadeira hidráulica e retroescavadeira. A figura 04 e figura 05 mostra um exemplo de rede coletora em concreto e caixas de coleta em alvenaria sendo executadas.



Figura 04 e 05 - À esquerda: rede de drenagem. À direita: caixa de alvenaria em execução

A terceira etapa, intitulada terraplenagem (Figura 06 e 07), envolve a escavação e o ajuste do nível da pista para receber as camadas da estrutura do pavimento e o serviço de regularização e compactação do subleito. A etapa de regularização e compactação do sub-leito somente é dada como concluída após a inspeção do encarregado e dos ensaios de laboratório da empresa (compactação e caracterização do material), que atesta a qualidade final deste serviço de compactação.



Figuras 06 e figura 07 – À esquerda: escavação da caixa da rua. À direita: regularização de subleito em andamento.

A quarta macroetapa do trabalho, a etapa de pavimentação, inclui o assentamento de meio-fio de concreto, a aplicação e compactação da camada de brita graduada, a aplicação de CM-30¹ à taxa de 1 litro/m² sobre a camada de brita graduada compactada e a aplicação da camada asfáltica final em CBUQ². O assentamento do meio-fio é feito manualmente por dois funcionários, um pedreiro e um ajudante. Executado o meio-fio, passa-se para a etapa de aplicação e compactação da Brita Graduada. A brita graduada, após executada, é checada visualmente pelo encarregado e ensaiada quanto a sua espessura, grau de compactação, umidade e curva granulométrica. Estes ensaios são realizados pelo laboratório de solos da empresa, que atestam a qualidade do material e do trabalho final, conforme as exigências de norma técnica. Após esta liberação técnica da brita graduada, aplica-se uma pintura impermeabilizante de CM-30² à uma taxa de 1 litro/m² e após a sua cura de 48 horas aplica-se a camada final de CBUQ. A figura 08 mostra a execução do meio fio em concreto e a figura 09 exemplifica a aplicação da camada final de CBUQ.



Figuras 08 e 09 – Execução de meio fio em concreto, espalhamento de brita graduada e lançamento da capa asfáltica final

A quinta e última etapa corresponde à limpeza final para a entrega da obra.

¹ Betume diluído em querosene utilizado para impermeabilização da base de brita graduada

² Concreto Betuminoso Usinado à Quente

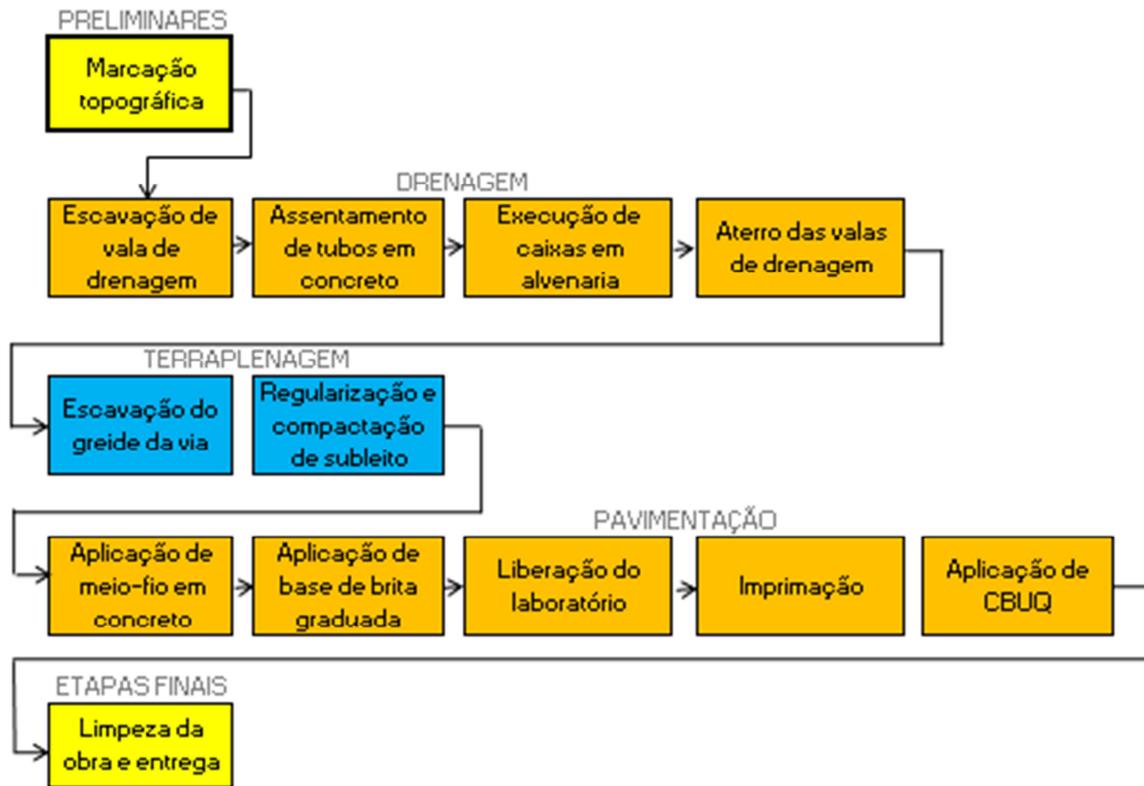


Figura 10 – Fluxo do processo de execução de infraestrutura e pavimentação da Rua X

2.4.2. Mapa de Fluxo de Valor Atual (MFV)

Os dados utilizados para o desenho do MFV da situação atual correspondem aos valores observados durante a obra, e necessários para a execução de cerca dos 100 metros de pista acabada.

No MFV atual, a linha de tempo abaixo das caixas de dados registra o lead time de produção, bem como os tempos que agregam valor e os tempos de espera ou desperdício.

A escolha do lote de 100 metros para análise foi em função de alguns motivos:

- Lote mínimo para ensaio de Brita Graduada (1 ponto a cada 100/m segundo caderno de encargos do DNIT);
- Lote que abrange ensaio de dois pontos de compactação de subleito (1 ponto a cada 40 metros de pista, segundo caderno de encargos do DNIT);
- Lote mínimo para que o trabalho seja executado com produtividade durante a movimentação do equipamento de pavimentação (motoniveladora, rolo compactador, rolo de pneu e vibroacabadora);

O tamanho de lotes de cada sub-etapa descrita e apontada no MFV é consequência da escolha deste tamanho de lote de 100 metros de pista.

De acordo com este lead time, o tempo de produção para a execução de 100 m de pista foi de **26,07 dias** e o tempo de agregação de valor foi **de 18,20 dias**. Com isso, percebe-se que **69,82%** do *lead time* para pavimentar 100m de pista agrega valor para o cliente final. A diferença de **30,18%%** pode ser considerada como perdas ou desperdícios do processo.

MAPA DE FLUXO DE VALOR ATUAL -100 M DE PISTA DE ROLAGEM PRONTA OBRA X

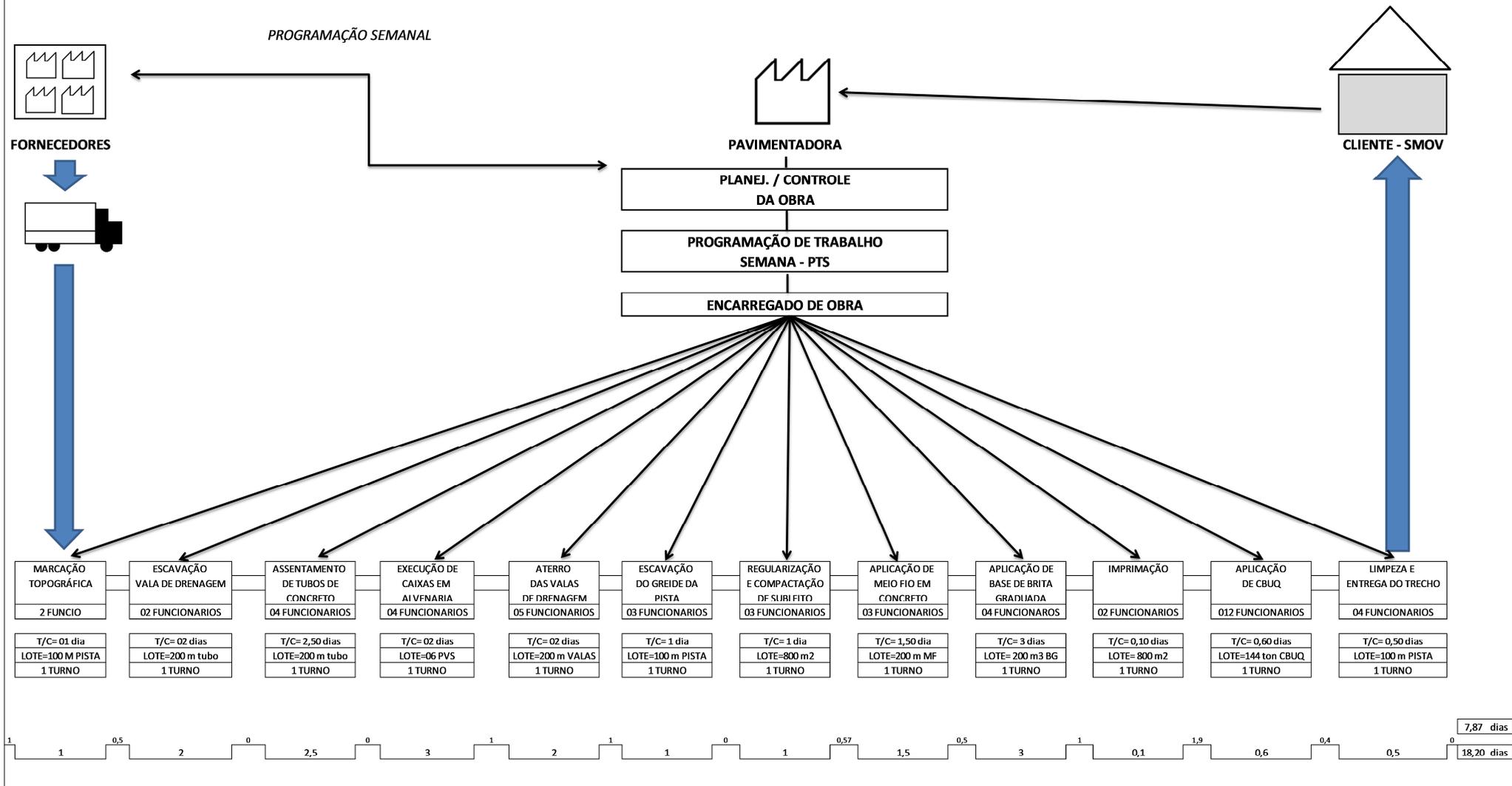


Figura 11- Mapa de Fluxo de Valor Atual da rua X

2.4.3. Avaliação da estabilidade nas etapas de fluxo de valor

O quadro 02 apresenta os elementos de produção que compõem cada etapa do quadro de fluxo de valor para a obra de infraestrutura e pavimentação da Rua X.

Quadro 02 - Elementos associados aos 4M em cada etapa do Fluxo de Valor

4 M	Mão de obra	Materiais	Máquinas/ Equipamentos	Método/ Procedimento
Marcação topográfica	1 Topógrafo 1 Ajudante Total 02 funcionarios		Estação total	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Escavação valas de drenagem	1 Operador maq. 1 Greidista Total 02 funcionarios		Retroescavadeira	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Assentamento tubos	1 Operador maq. 1 Pedreiro 2 Serventes Total 4 funcionarios	Tubos de concreto Cimento Areia Brita	Retroescavadeira	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Execução de PVs	1 Operador maq. 2 Pedreiros 1 Servente Total 4 funcionarios	Pedra granito Cimento Areia Brita Aço	Retroescavadeira Betoneira	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Aterro das valas	1 Operador maq. 3 Serventes Total 5 funcionarios		Retroescavadeira Compactador manual	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Escavação da pista	1 Operador maq. 1 motor. basculante 1 Greidista Total 03 funcionarios		Escavadeira Hidraulica Caminhão Basculante	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Regularização e compactação de subleito	1 Operador maq. 1 Operador de rolo 1 Motorista de pipa Total 03 funcionarios		Motoniveladora G940 Rolo Bomag BW2012 Caminhão Pipa 18000l	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Assentamento de meio-fio em concreto	1 Operador maq. 1 Pedreiros 1 Servente Total 3 funcionarios	Meio-fio em concreto Cimento Areia	Retroescavadeira	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Aplicação de BG	1 Operador maq. 1 Operador de rolo 1 Motorista de pipa 1 Greidista Total 04 funcionarios	Brita Graduada	Motoniveladora G940 Rolo Bomag BW2012 Caminhão Pipa 18000l	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Imprimação	1 Motorista pincheira 1 Ajudante Total 2 funcionarios	CM-30	Pincheira	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Aplicação de CBUQ	8 rastilheiros 1 operador de vibro 1 ajudante de vibro 1 operador de rolo de pneu 1 operador de rolo chapa 12 funcionários	CBUQ	Vibrocabadora Rolo de pneu Rolo chapa duplo tander	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Limpeza e entrega do trecho	1 Operador maq. 3 Serventes Total 4 funcionarios		Retroescavadeira	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001

2.4.3.1. Avaliação da estabilidade da mão-de-obra

A frente de serviço contou com 19 funcionários no seu pico máximo. A equipe de asfalto foi alocada apenas nos momentos de aplicação do CBUQ. As funções dos operários alocados neste projeto seguem conforme quadro 03.

Quadro 03 – Funcionários alocados ao longo da obra

QUADRO DE FUNIONÁRIOS DA OBRA X		
ITEM	FUNÇÃO	N. DE FUNCIONÁRIOS
1	ENCARREGADO DE OBRA	1
2	TOPÓGRAFO	1
3	AUXILIAR TOPOGRAFIA	1
4	OPERADOR DE RETROSCAVADEIRA	1
5	OPERADOR DE MOTONIVELADORA	1
6	OPERADOR DE ROLO COMPACTADOR	1
7	MOTORISTA BASCULANTE	1
8	MOTORISTA DE CAMINHÃO PIPA	1
9	GREIDISTA	1
10	PEDREIRO	2
11	SERVENTE	4
12	OPERADOR DE VIBROACABADORA	1
13	OPERADOR DE ROLO DE PENEU	1
14	AXILIAR DE VIBROACABADORA	1
15	RASTILHEIRO	1
TOTAL FUNCIONARIOS OBRA X		19

Os valores necessários para o cálculo dos indicadores apresentados nas tabelas 01 e 02 tiveram como base o fechamento dos cartões pontos dos funcionários que trabalharam na obra e foram obtidos através do setor de recursos humanos da empresa, a partir do levantamento das horas extras, faltas, atestados e atrasos por parte destes funcionários. O período analisado foi o da obra, de 17/10/2012 à 31/03/2013, ou seja, de aproximadamente cinco meses e meio.

Tabela 01 – Horas de perdas (faltas e atrasos) ocorridos no período da obra

FALTAS + ATRASOS (ABSENTEISMO)			
MÊS	FAL+ATR	HOR TOT	IA(%)
OUTUBRO DE 2012	14,00	334,40	4,187%
NOVEMBRO DE 2012	27,00	1.504,80	1,794%
DEZEMBRO DE 2012	48,00	1.883,20	2,549%
JANEIRO DE 2013	16,00	2.481,60	0,645%
FEVEREIRO DE 2013	79,00	2.340,80	3,375%
MARÇO DE 2013	183,50	2.340,80	7,839%

$$\text{Índice de absenteísmo (IA)} = \left[\frac{\text{Horas perdidas}}{\text{Horas totais (trabalhadas)}} \right] \cdot 100$$

Tabela 02 – Movimentações de pessoal ocorridas na obra (demissões e contratações)

ÍNDICE DE ROTATIVIDADE MENSAL - IR(%)			
MÊS	TOT FUN	TOT MOV	ROTAT(%)
OUTUBRO DE 2012	5,00		0,00%
NOVEMBRO DE 2012	11,00	2,00	20,00%
DEZEMBRO DE 2012	14,00	1,00	4,55%
JANEIRO DE 2013	16,00		0,00%
FEVEREIRO DE 2013	14,00		0,00%
MARÇO DE 2013	14,00	2,00	7,14%
ABRIL DE 2013			0,00%

$$\text{Índice de Rotatividade (IR)} = \left\{ \frac{\left(\frac{N^{\circ} \text{ admissões (mês)} + N^{\circ} \text{ demissões (mês)}}{2} \right)}{N^{\circ} \text{ empregados (final do mês anterior)}} \right\} \cdot 100$$

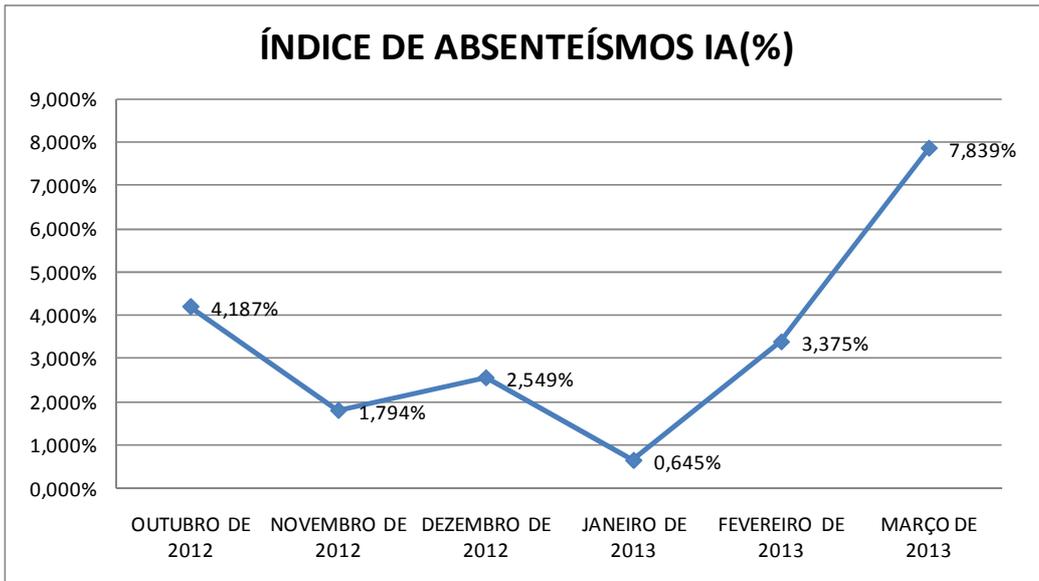


Figura 12 – Gráfico do absenteísmo registrado no período

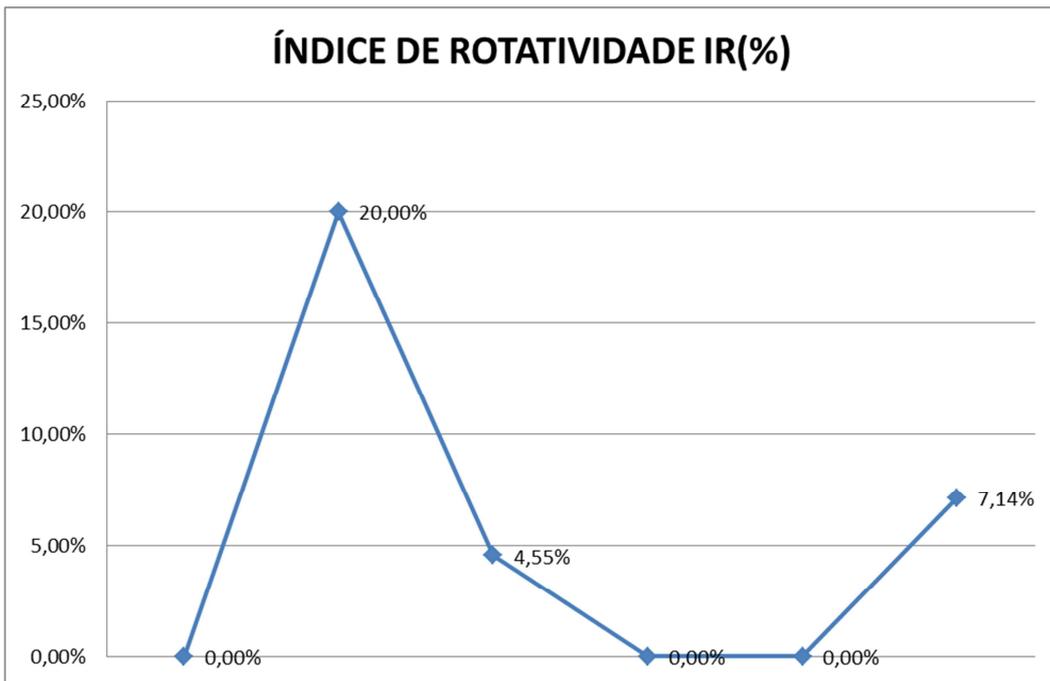


Figura 13 – Gráfico de rotatividade no período

Tabela 03 – Análise de Estabilidade e Capacidade dos indicadores de Mão de Obra.

AVALIAÇÃO DE ESTABILIDADE E CAPACIDADE DOS INDICADORES DE MO		
Mês de análise	Absenteísmo (IA)	Rotatividade (IR)
Outubro de 2012	4,19%	0,0%
Novembro de 2012	1,79%	20,0%
Dezembro de 2012	2,55%	4,5%
Janeiro de 2013	0,64%	0,0%
Fevereiro de 2013	3,37%	0,0%
Março de 2013	7,84%	7,1%
Limite teórico inferior	0,0%	0,0%
limite teórico superior	100,0%	100,0%
Mínimo	0,64%	0,0%
Primeiro quartil	1,98%	0,0%
Mediana	2,96%	2,3%
Terceiro quartil	3,98%	6,5%
Máximo	7,84%	20,0%
Amplitude interquartílica	2,00%	6,5%
Estimativa robusta de média	2,96%	2,3%
Estimativa robusta de desvio padrão	2,67%	8,7%
Limite natural de variação inferior	0,00%	0,0%
Limite natural de variação superior	10,96%	28,2%
Teste de estabilidade	ESTÁVEL	ESTÁVEL
Limite inferior aceitável	0,00%	0,00%
Limite superior aceitável	3,00%	3,0%
Teste de capacidade	NÃO CAPAZ	NÃO CAPAZ

2.4.3.2. Avaliação da estabilidade dos Materiais

A empresa em estudo já possui como parte de seus processos de gestão da qualidade a avaliação de fornecedores dos materiais que são considerados críticos para o processo. Inicialmente o fornecedor é qualificado com um Check List de Avaliação dos Fornecedores, onde se responde as seguintes perguntas:

1. A empresa possui Sistema de Gestão da Qualidade?
2. Possui laudo ou certificado dos produtos/serviços?
3. Tem capacidade de atender as quantidades solicitadas ou previstas?
4. Tem potencial para atendimento em casos de urgência de necessidade de material/produção?
5. Os funcionários recebem treinamento para as atividades que desempenham?
6. As condições de fornecimento (preços, condição de pagamento, prazos de entrega) ofertadas estão de acordo com nossa necessidade?
7. O produto a ser fornecido atende as especificações técnicas descritas na Lista de Produtos e Serviços Críticos da empresa?
8. CNPJ sem restrições no Serasa?

A figura 14 mostra um exemplo do Check List de fornecedores.

CHECK LIST DE AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES				
Tipo de Fornecimento		(x) Material	() Serviço	
Razão Social: FORNECEDORA				
Fantasia:		Cód.SAP:		
Endereço: RUA NISSIN CASTIEL N. 001		Bairro: DISTRITO INDUSTRIAL		
Município/UF: GRAVATAÍ - RS		CEP: 94.045-420		
CNPJ: 00.000.000/0001-00		Insc. Estadual: 0570146992		
Contato: VENDEDORA		Celular: 99999999		
e-mail: saulo.jfreitas@gmail.com		Telefone:		
Lista dos Principais Clientes:				
1. ALPHAVILLE PORTO ALEGRE	Telefone:	Contato:		
2. COESUL	Telefone:	Contato:		
3. CONTRERRA CONSTRUÇÕES	Telefone:	Contato:		
Tempo de atividade no Ramo:		() até 2 anos	() de 02 a 05 anos	
		() de 05 a 10 anos	(x) mais de 10 anos	
Questões			Sim	Não
1. A empresa possui Sistema de Gestão da Qualidade Certificado?			X	
2. Possui Laudo/Certificado dos produtos/Serviços? Caso sim, anexar cópia.			X	
3. Tem capacidade para atendimento das quantidades solicitadas ou previstas?			X	
4. Tem potencial para atendimento em casos de urgência de necessidade de material/serviço?			X	
5. Os funcionários recebem treinamento para as atividades que desempenham?			X	
6. As condições de fornecimento (preços, cond. pagamento, prazos de entrega) ofertados estão de acordo com a necessidade?			X	
7. O produto a ser fornecido atende as especificações técnicas descritas na Lista de Produtos e Serviços Críticos?			X	
8. CNPJ sem restrições no Serasa?			X	
Atribuir:		3 pontos para pergunta 1 (um)	Total Pontos	10
		1 ponto a cada questão respondida "Sim".	STATUS	APROVADO
		Itens rachurados são obrigatórios o atendimento.		
		O fornecedor estará apto a fornecer se atingir 6 pontos.		
Considerações do Avaliador:				
Avaliador		Assinatura	Data	

Figura 14 – Check List para qualificação de fornecedor proposto pelo autor

Com base nesses critérios, é calculado um Índice de Avaliação de Fornecedor (IAF), no qual a empresa estipula que para haver contratação, o fornecedor deve atingir ao menos nota 6, em uma escala de zero à dez. No quadro 04 apresentado, podemos visualizar a qualificação dos fornecedores da obra em março de 2013.

Quadro 04 – Índice de avaliação dos fornecedores

ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES - QUADRO RESUMO DE FORNECEDORES CRÍTICOS							
ITEM	O QUE AVALIAM	EMPRESA	FORNECEDOR A	FORNECEDOR B	FORNECEDOR C	FORNECEDOR E	FORNECEDOR F
		MATERIAL	TUBOS CONCRETO	AREIA	PEDRAS	CIMENTO	AÇO
1	1. A empresa possui Sistema de Gestão da Qualidade Certificado?		SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM
2	2. Possui Laudo/Certificado dos produtos/Serviços? Caso sim, anexar cópia.		SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM
3	3. Tem capacidade para atendimento das quantidades solicitadas ou previstas?		SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
4	4. Tem potencial para atendimento em casos de urgência de necessidade de material/serviço?		SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
5	5. Os funcionários recebem treinamento para as atividades que desempenham?		SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
6	6. As condições de fornecimento (preços, cond. pagamento, prazos de entrega) ofertados estão de acordo com a necessidade?		SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
7	7. O produto a ser fornecido atende as especificações técnicas descritas na Lista de Produtos e Serviços Críticos?		SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
8	8. CNPJ sem restrições no Serasa?		SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DE FORNECEDOR			10	6	6	10	10

A avaliação do desempenho do fornecedor no dia a dia da obra é feita através da ficha de Inspeção de Fornecedores e Produtos, onde o desempenho do fornecedor é analisado a cada entrega, conforme figura 15.

INSPEÇÃO DE FORNECEDORES DE PRODUTO					
Unidade:	OBRA RUA X		Data da Entrega: 01/11/2012		
Fornecedor:	FORNECEDOR A				
Nota Fiscal Nº:	20483				
Insumo:	TUBO DE CONCRETO PA2 PB DN 400				
ITENS DE REAVALIAÇÃO		S	N		
1.	Preço de acordo com o Pedido	X			
2.	Prazo/horário de entrega conforme previsão		X		
3.	Quantidade entregue conforme nota fiscal	X			
4.	Qualidade inspeção visual conforme padrão	X			
5.	Transporte adequado conforme entrega	X			
Total		4	1		
Data da Avaliação: 01/11/2012		Observações / Ações corretivas / Causas:			
Avaliadores: APONTADOR A					

Legenda:

S:	Sim		Nota	2
N:	Não		Nota	0

Notal Final 8

Figura 15 – Exemplo de Ficha de Inspeção de Fornecedor de Produto preenchida na obra - proposta pelo autor.

Com base nas entregas dos principais materiais fornecidos por terceiros ao longo da obra, elaborou-se um quadro de eficiência de cada entrega realizada de acordo com a ficha de inspeção apresentada na figura 15. Estabeleceu-se 100% de eficiência para nota 10, 80% de eficiência para nota 8 e assim por diante.

Quadro 05 – Resumo do desempenho dos fornecedores na obra.

QUADRO RESUMO DE INSPEÇÃO DE PRODUTOS ENTREGUES					
DATA ENTREGA	FORNECEDOR	MATERIAL	NOTA INSPEÇÃO	%	MOTIVO PERDA PONTOS
01/11/2012	FORNECEDOR A	TUBOS DE CONCRETO DN 300	8	80%	ATRASO NA ENTREGA
06/11/2012	FORNECEDOR A	TUBOS DE CONCRETO DN 300 E 400	8	80%	ATRASO NA ENTREGA
26/11/2012	FORNECEDOR A	TUBOS DE CONCRETO DN 300	8	80%	ATRASO NA ENTREGA
07/01/2013	FORNECEDOR A	MEIO-FIO DE CONCRETO	10	100%	
22/01/2013	FORNECEDOR A	MEIO-FIO DE CONCRETO	10	100%	
24/01/2013	FORNECEDOR A	MEIO-FIO DE CONCRETO	8	80%	ATRASO NA ENTREGA
25/01/2013	FORNECEDOR A	MEIO-FIO DE CONCRETO	10	100%	
31/01/2013	FORNECEDOR A	MEIO-FIO DE CONCRETO	10	100%	
09/01/2013	FORNECEDOR B	AREIA GROSSA	6	60%	QUALIDADE E QUANTIDADE
25/01/2013	FORNECEDOR B	AREIA MÉDIA	8	80%	QUANTIDADE
23/10/2012	FORNECEDOR B	AREIA MÉDIA	8	80%	QUALIDADE
25/10/2012	FORNECEDOR F	VERGALHÃO GG 50	8	80%	ATRASO NA ENTREGA
15/11/2012	FORNECEDOR C	PEDRAS DE GRANITO	10	100%	
19/01/2012	FORNECEDOR C	PEDRAS DE GRANITO	10	100%	
29/10/2012	FORNECEDOR E	CIMENTO CP-IV	10	100%	
09/01/2013	FORNECEDOR E	CIMENTO CP-IV	10	100%	
19/01/2013	FORNECEDOR E	CIMENTO CP-IV	8	80%	ATRASO NA ENTREGA

Com base no quadro 05, é feita a avaliação estatística dos dados, utilizando-se da estatística robusta. Este indicador é avaliado quanto à sua Estabilidade e Capacidade, conforme apresentado na tabela 04.

Tabela 04 – Análise de Estabilidade e Capacidade dos materiais.

AVALIAÇÃO DE ESTABILIDADE E CAPACIDADE DE FORNECEDORES		
Material entregue	Data da entrega	Nota final
TUBOS DE CONCRETO DN 300	01/11/2012	80%
TUBOS DE CONCRETO DN 300 E 400	06/11/2012	80%
TUBOS DE CONCRETO DN 300	26/11/2012	80%
MEIO-FIO DE CONCRETO	07/01/2013	100%
MEIO-FIO DE CONCRETO	22/01/2013	100%
MEIO-FIO DE CONCRETO	24/01/2013	80%
MEIO-FIO DE CONCRETO	25/01/2013	100%
MEIO-FIO DE CONCRETO	31/01/2013	100%
AREIA GROSSA	09/01/2013	60%
AREIA MÉDIA	25/01/2013	80%
AREIA MÉDIA	23/10/2012	80%
VERGALHÃO GG 50	25/10/2012	80%
PEDRAS DE GRANITO	15/11/2012	100%
PEDRAS DE GRANITO	19/01/2012	100%
CIMENTO CP-IV	29/10/2012	100%
CIMENTO CP-IV	09/01/2013	100%
CIMENTO CP-IV	19/01/2013	80%
Limite teórico inferior		80,0%
limite teórico superior		100,0%
Minimo		60,00%
Primeiro quartil		80,00%
Mediana		80,00%
Terceiro quartil		100,00%
Máximo		100,00%
Amplitude interquartilica		20,00%
Estimativa robusta de média		80,00%
Estimativa robusta de desvio padrão		26,67%
Limite natural de variação inferior		80,00%
Limite natural de variação superior		100,00%
Teste de estabilidade		ESTÁVEL
Limite inferior aceitável		80,00%
Limite superior aceitável		100,00%
Teste de capacidade		NÃO CAPAZ

Diante do quadro apresentado, nota-se que o fornecimento de materiais é ESTÁVEL, porém não tem CAPACIDADE de atender aos parâmetros de fornecimento mínimos exigidos pela empresa.

2.4.3.3. Avaliação da estabilidade das Máquinas

Existe implantado na empresa um sistema de gerenciamento de horas de equipamento via sistema SAP³. As atividades do operador são registradas em um documento chamado Boletim Diário de Equipamento, ou BDE, onde cada atividade é lançada em centro de custo do orçamento. Atividades improdutivas são chamadas de desvios, e estes desvios são classificados em:

- a) Paradas devido à chuva;
- b) Deslocamentos até a frente de trabalho ou dentro do canteiro de obra;
- c) Manutenções preventiva e preditiva programadas;
- d) Manutenção corretiva;
- e) Abastecimento.

Para a geração do indicador de disponibilidade, utilizam-se apenas os desvios de abastecimento e manutenções preditiva, preventiva e corretiva. Paradas devido às chuvas e deslocamentos na obra não são consideradas como indisponibilidade, pois o equipamento está em condições plena de trabalho e não o faz por conta da disponibilidade e localização da frente de trabalho ou pela condição climática, que são motivos externos ao equipamento. De acordo com os dados apresentados na tabela 05, a disponibilidade média do equipamento, ao longo dos cinco meses de execução da obra, foi de 90,12%, enquanto a meta estabelecida no sistema de gestão da empresa é de 80%.

Tabela 05 - Disponibilidade média dos equipamentos analisados no período da obra X.

DISPONIBILIDADE DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA OBRA DE 17/10/2012 A 31/03/2013

CODIGO	EQUIPAMENTO	OUTUBRO DE 2012			NOVEMBRO DE 2012			DEZEMBRO DE 2012			JANEIRO DE 2012			FEVEREIRO DE 2012			MARÇO DE 2012																				
		Totais mês (h)	Desvio (h)	Disponib (h)	Totais mês (h)	Desvio (h)	Disponib (h)	Totais mês (h)	Desvio (h)	Disponib (h)	Totais mês (h)	Desvio (h)	Disponib (h)	Totais mês (h)	Desvio (h)	Disponib (h)	Totais mês (h)	Desvio (h)	Disponib (h)																		
EC 21002	ESCAVADEIRA DOSAN DX 225				142	15	89,44%	138	11	92,03%	134	12	91,04%	133	13	90,23%	130	11	91,54%																		
BW 21201	ROLO CA-25				151	9	94,04%	151	3	98,01%	147	4	97,28%	146	5	96,58%	143	3	97,90%																		
CSS8002	RETROESCAVADEIRACASE 580	90	13	85,56%	138	17	87,68%	121	31	74,38%	117	32	72,65%	116	33	71,55%	113	31	72,57%																		
FG 20001	MOTONIVELADORA G940				110	6	94,55%	124	17	86,29%	120	18	85,00%	119	19	84,03%	116	17	85,34%																		
CP18CO1	CAMINHÃO PIPA18.000 LITROS				31	2	93,55%	141	6	95,74%	137	7	94,89%	136	8	94,12%	133	6	95,49%																		
CB14VW01	CAMINHÃO BASCULANTE TRUCADO	98	15	84,69%	147	18	87,76%	153	4	97,39%	149	5	96,64%	148	6	95,95%	145	4	97,24%																		
		DISPONIBILIDADE OUT			85,12%			DISPONIBILIDADE NOV			91,17%			DISPONIBILIDADE DEZ			90,64%			DISPONIBILIDADE JAN			89,58%			DISPONIBILIDADE FEV			88,74%			DISPONIBILIDADE MAR			90,01%		

³ Abreviação de Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung, alemão.

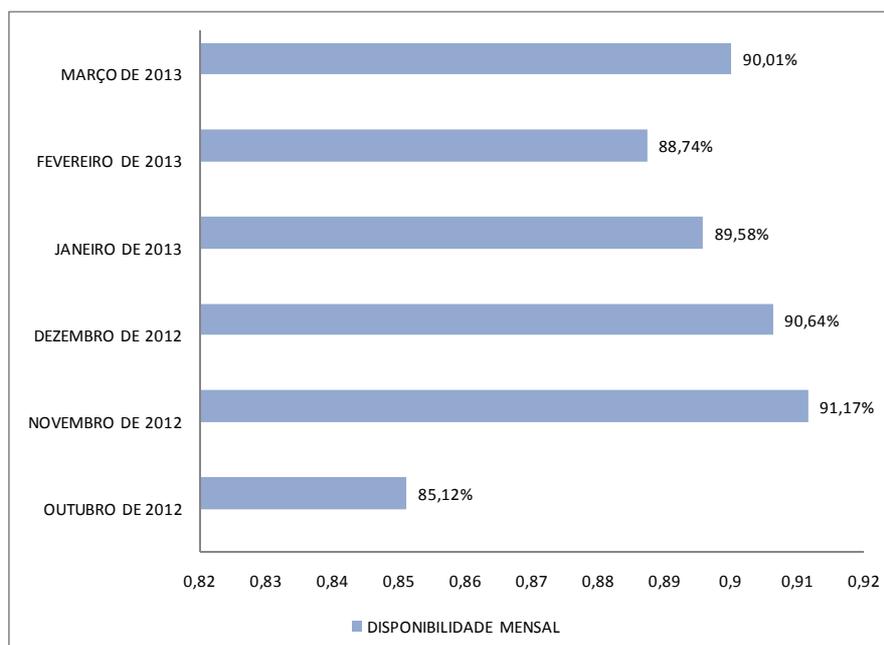


Figura 16 – Disponibilidade mensal do conjunto de equipamentos analisados.

Tabela 06 - Análise de Estabilidade e Capacidade do indicador de Máquina

Mês de análise	Disponibilidade
Outubro de 2012	85,12%
Novembro de 2012	91,17%
Dezembro de 2012	90,64%
Janeiro de 2013	89,58%
Fevereiro de 2013	88,74%
Março de 2013	90,01%
Limite teórico inferior	0,0%
limite teórico superior	100,0%
Mínimo	85,12%
Primeiro quartil	88,95%
Mediana	89,80%
Terceiro quartil	90,48%
Máximo	91,17%
Amplitude interquartílica	1,53%
Estimativa robusta de média	89,80%
Estimativa robusta de desvio padrão	2,04%
Limite natural de variação inferior	83,67%
Limite natural de variação superior	95,92%
Teste de estabilidade	ESTÁVEL
Limite inferior aceitável	80,00%
Limite superior aceitável	100,00%
Teste de capacidade	CAPAZ

2.4.3.4. Avaliação da estabilidade do Método

No caso estudado, a medição do indicador aderência da equipe de obra ao método de trabalho utilizado para a execução dos serviços e o registro de documentos padronizado da empresa foi executada através de verificações mensais, ou auditorias, com preenchimento de folha de verificação padrão, conforme apresentada no quadro 06. A empresa executora da obra avaliada possui certificação ISO9001: 2008 na maioria de seus processos e nos seus procedimentos de execução dos serviços de pavimentação, que estão descritos e detalhados nas Instruções de Trabalhos (IT) de Drenagem, Terraplenagem, Pavimentação e Planejamento de obra. As diversas auditorias mensais realizadas geraram notas. Estas notas mensais, oriundas das Verificações de Qualidade, formaram uma base de dados que fez o indicador de aderência ao método.

Quadro 06 - Avaliação da obra quanto aos procedimentos padrões da empresa

VERIFICAÇÃO DE QUALIDADE 01			
UNIDADE/OBRA:		RESP. VERIFICAÇÃO:	DATA:
Obra Rua X		Saulo Freitas	05/11/2012
Critério de Avaliação: Até DUAS Imperfeições - Nota 10 De TRÊS à CINCO imperfeições - Nota 5 Acima de SEIS Imperfeições - Nota 0 <i>Preencha a "Lista de verificação", observando os critérios definidos na legenda acima:</i> Caso algum item não seja aplicado, coloque NA na coluna de avaliação (será desconsiderado da média)			
ITENS	EVIDÊNCIAS DAS NC's	QTDE NC	AVALIAÇÃO
Documentos e Registros da Qualidade			7,1
1	Os funcionários conhecem as políticas e objetivos da qualidade?		10
2	Colaboradores sabem como sua atividade influencia para o atendimento da Política e Objetivos da Qualidade?	Encarregado não demonstrou conhecimento nos processos da qualidade	0
3	Os acessos aos Documentos da Qualidade via SAP é de conhecimento de todos?		10
4	Registros estão legíveis e prontamente identificáveis?	Não evidenciado Critérios de Aceitação de Serviços - CAS na obra	0
5	Registros da qualidade estão arquivados conforme determinado nas IT's/PQ's?		10
6	BDE's estão sendo lançados no SAP e estão assinados pelos responsáveis?		10
7	Os BDE's dos equipamentos estão com o preenchimento correto?		10
Registros de ação - RA			9,0
1	Existe alguma anomalia sem registro na qualidade?	Não evidenciado Inspeção técnica para Drenagem	10
2	Os RA's estão sendo encaminhados para qualidade no prazo de 24 horas do ocorrido?		10
4	As análises de causa dos RA's estão obedecendo prazo de 7 dias?		10
5	As análises de causas estão focadas em sanar a causa raiz?		10
6	Os planos de ações dos RA'S estão em dia?	4 RA's em atraso	5
Qualidade da Operação - Acompanhar um processo			6,3
1	Os responsáveis conhecem a Instrução de Trabalho?	Encarregado não demonstrou conhecimento pleno nos processos da qualidade	0
2	Os responsáveis seguem todas as etapas da Instrução de Trabalho?	Não evidenciada trena calibrada - verificado in loco	5
3	Em caso de anomalia os responsáveis sabem como agir?		10
4	Requisitos legais são atendidos?		10
META 10 - TOLERÂNCIA 8		TOTAL GERAL	7,5
Observações e Considerações Gerais do(s) Vistoriador (es)			

A folha de Verificação de Qualidade utilizada nas auditorias leva em consideração a análise de três grupos: i) Documentos e registro na qualidade ii) Registro de Ações(RA) iii) Qualidade nas operações. A nota final da auditoria é dada pelas médias individuais das notas do questionário de cada grupo avaliado e a nota final é dada pela média geral destes grupos.

Tabela 07 - Verificação de aderência da obra aos métodos da empresa

AVALIAÇÃO DE ESTABILIDADE E CAPACIDADE DO MÉTODO		
Auditoria	Data da auditoria	Nota final
Primeira Auditoria	05/11/2012	74,64%
Segunda Auditoria	03/12/2012	81,79%
Terceira Auditoria	07/12/2013	82,74%
Quarta Auditoria	04/02/2013	90,95%
Quinta Auditoria	04/03/2013	90,00%
Limite teórico inferior		80,0%
limite teórico superior		100,0%
Mínimo		74,64%
Primeiro quartil		81,79%
Mediana		82,74%
Terceiro quartil		90,00%
Máximo		90,95%
Amplitude interquartilica		8,21%
Estimativa robusta de média		82,74%
Estimativa robusta de desvio padrão		10,95%
Limite natural de variação inferior		80,00%
Limite natural de variação superior		100,00%
Teste de estabilidade		ESTÁVEL
Limite inferior aceitável		80,00%
Limite superior aceitável		100,00%
Teste de capacidade		NÃO CAPAZ

Diante disso, e conforme o que foi apresentado na tabela 07 verifica-se uma ESTABILIDADE da empresa em seguir os métodos estabelecidos. Porém, no caso da obra estudada, não houve CAPACIDADE em atender os parâmetros impostos pela alta direção da empresa. Foi notada uma melhora ao longo dos meses de análise deste indicador, e foi verificado que a atenção do pessoal responsável pela execução com relação aos padrões da empresa melhorava ao longo de cada auditoria realizada.

2.4.3.5. Resumo dos indicadores analisados:

Quanto a análise da estabilidade e da capacidade dos indicadores ligados aos 4M escolhidos, os resultados obtidos através de análise de estatística robusta estão resumidos no quadro 07.

Quadro 07 – Resumo dos indicadores avaliados na obra Rua X.

QUADRO RESUMO DOS INDICADORES COLETADOS - OBRA BECO DO DAVI						
ELEMENTO DE PRODUÇÃO	INDICADOR UTILIZADO	O QUE AVALIA	PERIODICIDADE	META OBRA	ESTÁVEL	CAPAZ
MÃO DE OBRA	ABSENTEÍSMO	ATRASOS FALTAS SAÍDAS ANTECIPADAS	MENSAL	Menor que 3% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	SIM	NÃO
	TURN OVER	CONTRATAÇÃO DEMISSÃO	MENSAL	< 3% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	SIM	NÃO
MATERIAL	AValiação de fornecedores	DESEMPENHO DO FORNECEDOR À CADA ENTREGA	A CADA ENTREGA	>80% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	SIM	NÃO
MÁQUINA	DISPONIBILIDADE	DISPONIBILIDADE EFETIVA DO EQUIPAMENTO	MENSAL	>80% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	SIM	SIM
MÉTODO	PROCEDIMENTO IT	PROCEDIMENTO QUE COMPÕE O TRABALHO REALIZADO	MENSAL	>80% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	SIM	NÃO

Resumidamente, dos cinco indicadores analisados e medidos, todos tiveram estabilidade. No caso do indicador de Máquina, houve capacidade e estabilidade no atendimento aos parâmetros exigidos. O bom desempenho deste indicador se deve basicamente a uma frota nova e um sistema de gestão de manutenção muito eficiente, gestão esta que faz parte de cultura da empresa. Já os indicadores de Mão-de-obra, Material e Método, mostraram-se estáveis, porém incapazes de atenderem as metas impostas pela gestão da empresa.

Com relação às melhorias, foram apontados vários pontos que devem ser atacados, e com base nas oito perguntas de Rother e Shook e nos parâmetros de produtividade idealizados no orçamento, foi montado um Mapa de Fluxo de Valor Futuro.

2.4.3.6. Propostas de melhoria para o Fluxo de Valor e Mapa de Fluxo de Valor Futuro (MFVF)

2.4.3.6.1. Propostas de Melhorias dos indicadores 4M

Pode-se apresentar, diante do estudo dos indicadores classificados nos 4M, melhorias que reflitam em aumento da estabilidade e capacidade destes indicadores e que tenham um impacto direto no desempenho do MFV atual. São elas:

- Premiação para funcionários mais assíduos – a empresa tem um programa de cesta básica para empregados que não faltam, porém esse prêmio acabou banalizado por falta de gestão dos canteiros de obra, que fez com que este prêmio se tornasse um direito adquirido do funcionário e que acaba sendo fornecido ainda que o funcionário falte;
- Pesquisa de clima interno – é realizada anualmente, mas sem feedback para os funcionários. Sugere-se ampliar esta rotina trimestralmente juntamente com uma rotina de feedback;
- Justificativa de faltas – sugere-se exigir, por escrito, do funcionário que falta, a justificativa do ocorrido;
- Realização de programa de treinamento: implementar com maior frequência o programa de treinamento para funcionários e líderes;
- Melhorar o layout de armazenamento de material na obra, evitando o transporte internamente dentro do canteiro de obra e o retrabalho na movimentação do material;
- Implantar e reforçar o programa 5S na obra;
- Elaborar um cronograma de entrega de materiais semanal junto aos fornecedores;
- Utilização de um sistema de comunicação visual (Andons) para equipamentos com anomalia ou com problemas de atividade no canteiro de obras, de forma a acelerar o processo de manutenção e direcionamento do equipamento;
- Realizar reuniões mensais com a gestão do canteiro de obras a respeito dos processos existentes e descritos nas Instruções de Trabalho da Iso 9001:2008, de forma a reforçar a sua utilização e a sua melhoria para uma melhor aderência ao canteiro de obras.

2.4.3.6.2. Mapeamento de um estado futuro e idealizado:

O Mapa do Estado Futuro foi desenhado com base na análise do Mapa de Fluxo de Valor do Estado Atual, na identificação e melhoria dos pontos propostos no item 4.4.5.1 e em uma análise idealizada quando da realização do orçamento dos serviços. Utilizou-se também como base no processo de confecção do Mapa, o auxílio dos procedimentos sugeridos por Rother e Shook (2003), com suas oito perguntas propostas durante a análise do MFV idealizado:

1. Qual o tempo de Takt?

Neste caso específico, o tempo de takt é calculado para o projeto, baseado no prazo contratual previsto. Foi adotada uma jornada de trabalho de 8,8 horas/ dia, descontado as horas de folga, com cinco dias por semana e 21 dias úteis por mês. O tempo contratual, exigido pelo cliente para a execução da extensão total de 340 metros de pista é de 3,21 meses. Com esses dados, foi possível calcular um takt time de 19,80 dias trabalhados para cada 100 metros de pista acabada.

2. Produzir peças para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para a expedição?

Neste caso de estudo, cada projeto executado é único, de forma que deve ser produzido diretamente para a expedição (cliente) em um sistema puxado.

3. Onde introduzir um fluxo contínuo?

Os processos que compõem a execução de uma pista pavimentada têm tempos de ciclo completamente diferentes, porém, dentro de um mesmo projeto, é possível a implementação de um fluxo contínuo, de forma que se passe ao processo seguinte sem parada entre eles.

4. Onde introduzir um sistema puxado?

Este tipo de projeto já trabalha com um sistema puxado, onde cada projeto executado é feito sob encomenda, e é único, iniciando a partir de uma primeira etapa do fluxo de valor.

5. Em qual ponto da cadeia de produção (o processo puxador) se programará a produção?

No caso estudado, de obras de infraestrutura, o sistema é puxado. Existe, quando do início da obra, uma programação macro de todos os serviços a serem executados no projeto no

cronograma de obra aprovado com o cliente. Este planejamento é refeito semanalmente pelo coordenador de obra, e desmembrado sempre visando os trabalhos que serão executados na próxima semana. O coordenador libera a Programação de Trabalho Semanal (PTS) para o encarregado da frente de serviço, que executa as tarefas de acordo com o planejado e libera as etapas subsequentes através de um check das tarefas anteriormente executadas. Existem etapas que exigem a inspeção do laboratório, e quando necessário, ele também é acionado e faz a liberação. Nenhuma etapa é liberada sem a execução deste check. Ao término da semana, o coordenador analisa os desvios da primeira semana (chuva, problemas técnicos ou com falta de recursos), e realiza o replanejamento da semana subsequente de forma a manter o cumprimento do cronograma macro da obra aprovado.

6. Como nivelar o mix de produção no processo puxador?

O trabalho é executado de acordo com o projeto, e, portanto não há um mix de produção para pista pavimentada. O que existe, nestes casos, são os diversos serviços que compõem o produto final.

7. Qual incremento de trabalho será liberado uniformemente no processo puxador?

As equipes recebem ao final da semana a Programação de Trabalho Semanal (PTS) da próxima semana, a qual deve nortear o trabalho, sendo que as tarefas desta programação são revisadas e replanejadas semanalmente.

8. Quais melhorias de processo são necessárias?

As propostas de melhoria sobre o estado atual são relacionadas com a estabilidade e capacidade da produção:

- Capacitar e treinar funcionários;
- Premiar funcionários assíduos e comprometidos;
- Reforçar plano de manutenção preventiva e preditiva, de forma a manter em patamares elevados a disponibilidade do equipamento;
- Utilizar cronogramas adequados de planejamento inicial da obra e utilizar as ferramentas de check e replanejamento semanal;
- Preparar funcionários com capacidades multitarefas, devido à falta de padrão e continuidades das tarefas executadas em obras de infraestrutura;

- Instalação de Andons de alerta nos equipamentos de frentes de serviço (como por exemplo, os serviços de drenagem, colocação de meio-fio, etc.) de forma a ser possível alertas como problemas no equipamento, falta de material ou marcação topográfica;
- Verificar a possibilidade de utilização de dispositivos poka-yoke nas atividades que exigem medição à trena, de forma a evitar o erro e promover ganho de agilidade nestas tarefas;
- Implementar e reforçar o programa 5S na obra;

Para a elaboração do Mapa de Fluxo de Valor Futuro, foram adotados os tempos previstos nos parâmetros de orçamento para cada atividade, sendo que estas produtividades utilizadas no orçamento foram baseadas nos melhores desempenhos da empresa em obras similares já concluídas, ao longo de toda a vida da empresa. Assim, as perdas são consideradas em um cenário idealizado.

MAPA DE FLUXO DE VALOR FUTURO -100 M PISTA DE ROLAGEM PRONTA OBRA RUA X

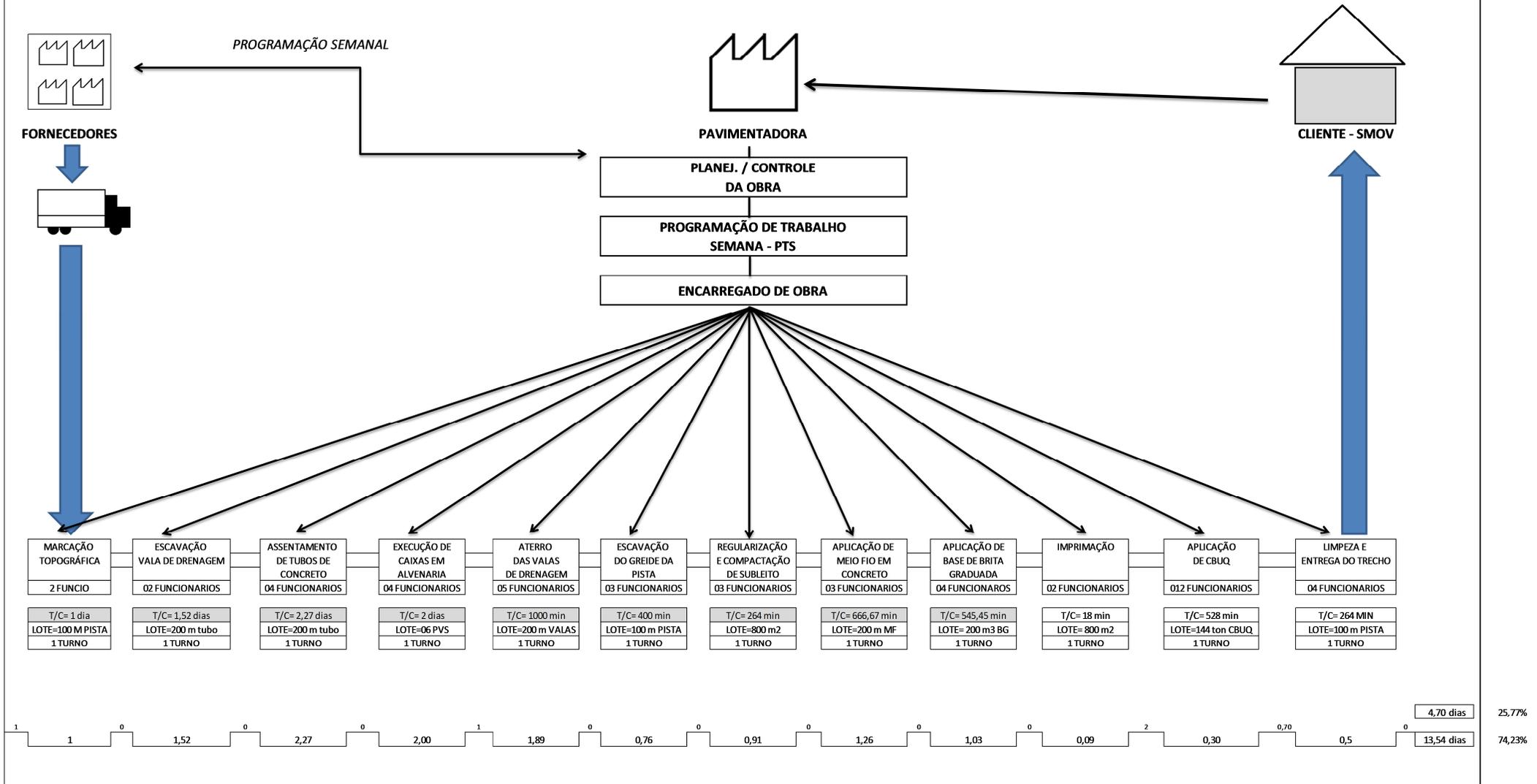


Figura 17 - Mapa de Fluxo de Valor Idealizado da rua X

2.5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve o propósito de avaliar a estabilidade do Fluxo de Valor em obras de infraestrutura (terraplenagem, drenagem e pavimentação) sob a perspectiva lean.

Para tanto, identificou-se o cenário produtivo implantado em uma obra de infraestrutura e pavimentação viária através da elaboração e análise do seu MFV atual, e através da avaliação da estabilidade e capacidade de indicadores escolhidos para este fim e associados aos 4M (Mão de Obra, Material, Máquina e Método). Dos indicadores associados aos 4M avaliados, todos demonstraram estabilidade e três indicadores dos cinco avaliados não tiveram capacidade de atender as metas impostas.

No MFV atual, o tempo total de produção para a execução de 100 m de pista pavimentada e concluída para ao cliente foi de **26,07 dias** e o tempo de agregação de valor no processo foi de **18,20 dias**. Por consequência, apenas **69,82%** do tempo gasto para a execução de obra neste trecho analisado agrega valor para o cliente final. O restante do tempo (**30,18%**) são perdas do processo e perdas na execução da obra. Este é um valor de perdas bastante alto, que deve ser combatido com ferramentas de gestão. Dentre estas ferramentas, pretende-se reforçar a implantação com ideias de gestão da área da *Lean Construction*, enfoque este que será dado no segundo artigo.

No MFV Futuro, o tempo total de produção para a execução de 100 m de pista asfaltada, limpa e acabada pode ser de **18,24 dias** e o tempo de agregação de valor no processo foi de **13,54 dias**. Por consequência, **74,23%** do tempo gasto para a execução da obra agrega valor para o cliente final. O tempo de perda se reduzia para **4,70 dias** ou **25,77%**.

A estabilidade percebida nos indicadores associados aos 4M representa um campo fértil para a aplicação e ferramentas da mentalidade enxuta, pois a estabilidade é a base para a implantação de uma gestão de melhoria. Por fim, diante dos dados apresentados neste trabalho, os objetivos principais e secundários deste artigo foram atingidos.

2.6. REFERÊNCIAS

- BALLARD, H. G. **The Last Planner System of Production Control**. Birmingham, 2000. Ph. D. Tesis School of Civil Engineering. Faculty of Engineering. The University of Birmingham.
- BENETTI, Heloiza Helena. **Diretrizes para avaliar a estabilidade do fluxo de valor sob a perspectiva da mentalidade enxuta**. Tese (Doutorado em Engenharia) – PPGE/UFGRS, Porto Alegre, 2010.
- BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para empresas de construção**. Tese (Doutorado em Engenharia) – PPGE/UFGRS, Porto Alegre, 2001.
- BULHÕES, I. R. **Diretrizes para implementação de fluxo contínuo na construção civil: uma abordagem baseada na mentalidade enxuta**. Campinas, 2009. Tese – Doutorado de engenharia civil da Universidade Estadual de Campinas.
- CHENG, T. C. E.; PODOLSKY, S. *Just-in-time manufacturing: An Introduction*. U.K.: Chapman & Hall, 1993.
- DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- FOGLIATTO, F.S., RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. São Paulo: Campus-Elsevier, 2009.
- GUINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: Mais do que Simplesmente, Just-in-Time**. Caxias do Sul: Educs, 1996
- KOSKELA, L. *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford, EUA: Stanford University, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), 1992.
- LAFRAIA, J. R. B. **Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2001.
- LEAN INSTITUTE BRASIL (LIB). *Léxico Lean*: glossário ilustrado para praticantes do pensamento Lean. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.
- LIKER, J. K.; MEIER, D. **O Modelo Toyota: manual de aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

- LIKER, J.K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2005.
- MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade.** 4. Ed. Rio de Janeiro: LTC; 2004.
- OHNO, T. **Sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PIRES, S. R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos.** 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- RAMOS, A. W. **CEP para processo contínuo e em bateladas.** São Paulo:Edgard Blucher, 2000.
- ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. **Analytical Methods Committee. Technical brief. Robust Statistics: a method of coping with outliers.** Nº 6, April 2001.
- ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando o fluxo contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção.** São Paulo: *Lean Institute* Brasil, 2002.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício.** São Paulo: *Lean Institute* Brasil, 2003.
- SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia da engenharia de produção.** 2ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SPEAR, S; BOWEN, H. K. *Decoding the DNA of the Toyota Production System.* Havard Business Review, Boston, v. 77, Set/Oct, 1999.
- WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: UFMG; Fundação Christiano Ottoni, 1995.
- WOMACK, J.; JONES D. **A máquina que mudou o mundo.** Rio de Janeiro: campus 1992.
- WOMACK, J.; JONES D. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

3. ARTIGO 02

USO DE PRÁTICAS *LEAN* EM OBRA DE INFRAESTRUTURA E PAVIMENTAÇÃO VIÁRIA

Saulo Joaquim de Freitas

Saulo.jfreitas@gmail.com

Mestrado Profissional em Engenharia de Produção – Orientador: Dr. Tarcisio Abreu Saurin

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar a aplicação de práticas *lean* em uma obra de Pavimentação e Infraestrutura Viária, avaliando como o uso dessas práticas teve impacto na estabilidade do fluxo de valor na obra. O método utilizado é constituído pelas seguintes etapas: (i) seleção de obra com características adequadas para a implementação do trabalho; (ii) seleção de quais práticas *lean* aplicar no fluxo de valor escolhido; (iii) avaliar o Mapa de Fluxo de Valor atual iv) avaliar os indicadores de desempenho associados aos 4M que caracterizam o processo (material, método, mão-de-obra e máquina) e seu desempenho quanto a capacidade e estabilidade, após a aplicação das práticas *lean*. Após a aplicação destas práticas *lean*, todos os indicadores avaliados demonstraram estabilidade e apenas um indicador não atingiu a capacidade de atender as metas impostas. Quanto ao MFV do estado atual, o tempo total de agregação de valor ao processo produtivo foi de 15,70 dias e as perdas no processo ficaram na ordem de 4,90 dias.

Palavras Chaves Estabilidade, Fluxo de Valor, 5S, Poka-yoke, Andon, Infraestrutura, Pavimentação Viária, Rodovia.

3.1. INTRODUÇÃO

A aplicação de conceitos *lean* na construção civil (*lean construction*, ou construção enxuta) tem sido discutida na literatura ao longo das últimas décadas. O conceito de construção

enxuta surge a partir da publicação do trabalho de Koskela (1992), tendo como base os fundamentos da Produção Enxuta (PE). A criação do *International Group for Lean Construction* (IGLC) em 1993 também foi outro marco importante. Contudo, este movimento de interesse e adaptação do setor da construção civil à mentalidade enxuta tem sido menos intenso no setor de construção pesada e mais especificamente no setor de infraestrutura viária. De fato, trabalhos com foco nesse setor de pavimentação e rodovias, como por exemplo “*Examples of Lean Techniques and Methodology Applied to Uk Road Schemes*” (FULLALOVE, LUCIA H.; 2013 IGLC), são raros .

O objetivo deste artigo é implantar práticas *lean* para o controle e redução de perdas e melhoria no processo de execução em obras de infraestrutura e pavimentação viária. Para este fim, algumas práticas *lean* foram selecionadas e aplicadas em uma obra de pavimentação, com características similares a obra estudada em Freitas (2015a). Após a sua implantação elaborou-se o Mapa de Fluxo de Valor deste novo cenário, e este mapa foi comparado com o Mapa de Fluxo de Valor do estado atual da primeira obra estudada (FREITAS, 2015a). Ao final, foram analisados os resultados obtidos e traçado um paralelo com a situação anterior, sem o contexto de implantação destas práticas da mentalidade enxuta.

3.2. REFERENCIAL TEÓRICO

3.2.1. Conceito de perdas

O sistema Toyota de Produção (STP) surgiu no Japão, mais precisamente na indústria automotiva japonesa Toyota Motors Company, indústria que inicialmente tinha baixa produtividade e que tinha seus recursos escassos ou limitados. Ohno (1997) propôs um conceito de desperdício ou perda no contexto do Sistema Toyota de Produção, a partir da divisão do movimento dos trabalhos em a) trabalhos e b) perdas. Segundo Ohno (1997), o principal idealizador do STP, o objetivo principal deste sistema produtivo consiste na identificação e na completa eliminação das perdas, de forma a aumentar a eficiência do processo e reduzindo, por consequência, os custos. Como um sistema com princípios de redução de perdas e de melhoria contínua, a sua ideia básica pode ser aplicada nos mais diferentes segmentos produtivos, desde que visem à obtenção destes objetivos.



Figura 18 – Classificação dos movimentos dos operários (OHNO, 1997)

O STP é uma constante perseguição da eliminação de perdas, sendo que isto só faz sentido se estiver vinculada a redução de custos. Ghinato (1996) diz que as perdas são operações ou movimentos completamente desnecessários e que geram custos, não agregam valor e devem ser imediatamente eliminadas. São perdas como esperas, transporte de material para locais intermediários, estocagem de material em processo, etc. Shingo (1996) define as perdas como atividades que consomem tempo e recursos, mas não agregam valor.

Segundo Shingo (1996) e Ohno (1997), os movimentos que os trabalhadores fazem podem ser desdobrados em trabalho (operações) e perdas, sendo que um agrega valor e gera algum tipo de mudança na característica do produto, o outro não agrega valor, sendo uma atividade suporte ao processamento. É uma perda e deve ser eliminada através de mudanças nas condições de trabalho.

3.2.2. Classificação de perdas

Para embasar o processo contínuo de identificação e eliminação de perdas, Ohno (1997) propõe sete grandes classes de perdas:

- a) **Perdas por superprodução:** é uma das perdas mais danosas para o processo e pode trazer consigo outras perdas. Este tipo de perda ainda pode ser classificado em dois tipos: a) perda por antecipação e b) perda por produzir demais. Uma resulta em produtos estocados aguardando serem consumidos e a outra é quando o volume produzido é além do necessário.
- b) **Perda por transporte:** esta perda é gerada por transporte do produto de um ponto a outro, sendo que esta atividade não agrega valor algum. A redução ou eliminação desta perda deve ser feita através de uma revisão do processo produtivo de cada operação.

- c) **Perda no próprio processamento:** dizem respeito às etapas do processo que poderiam ser eliminadas sem alterar a qualidade ou característica do produto final.
- d) **Perda por fabricação de produtos defeituosos:** tem origem na fabricação de produtos que não estejam em conformidade com as necessidades do cliente, apresentando parâmetros de qualidade fora do que foi estabelecido. Esta perda é a mais comum e de maior visibilidade, pois ocasiona retrabalho ou aumento no volume de sucata.
- e) **Perda por movimentação:** são movimentos desnecessários realizados pelo operário no momento em que o mesmo está realizando uma determinada operação. Este tipo de perda pode ser eliminado através do estudo de método de tempos e movimentos e através da implementação de melhorias à partir destes estudos. Estas melhorias podem abranger automação, mecanização de movimentos e até mesmo a eliminação de alguns movimentos.
- f) **Perda por espera:** este tipo de perda ocorre quando uma máquina ou uma operação fica parada ou aguardando, seja por problemas de suprimentos ou por desbalanceamentos do próprio fluxo de produção.
- g) **Perda por estoque:** as perdas por estoques são decorrentes de níveis elevados e desnecessários de estoque de materiais em almoxarifado, de produtos acabados e de componentes entre processos (SHINGO, 1996). Segundo Shingo (1996) e Ohno (1997), apesar de muitos profissionais considerarem o excesso de estoque aceitável, por permitir atender pedidos inesperados rapidamente, o Sistema Toyota de Produção não permite a existência de estoques e trabalha com a procura exaustiva de sua eliminação, sem impactar no atendimento deste tipo de pedidos. Com relação a estas perdas, a produção contra pedido, ao invés da produção antecipada ou preditiva, ajuda a controlar este tipo de situação. O nivelamento das quantidades e a sincronização da produção também podem resultar em redução dos estoques. O nivelamento consiste na produção equivalente de cada processo, ou seja, balancear a quantidade de produção e a capacidade de processamento. A sincronização, por sua vez, é o resultado do nivelamento do processo produtivo, garantindo fluidez ao processo. Da mesma forma, é importante reduzir o ciclo produtivo, produzir lotes pequenos e desenvolver um sistema de troca rápida de ferramentas (TRF) (SHINGO, 1996). Portanto, para atacar este tipo de perda por estoque, é necessária a implantação de uma política que busque o nivelamento da quantidade, da sincronização e do fluxo de operação de uma peça, associado à produção de pequenos lotes.

3.2.3. Princípios para a redução das Perdas

Koskela (1992) desenvolveu uma série de princípios para gestão dos processos e para a redução de perdas, dentro da mentalidade enxuta. Estes princípios foram relacionados em seu trabalho da seguinte maneira:

- a) **Redução da parcela das atividades que não agrega valor:** sendo um dos princípios fundamentais da Construção Enxuta, o valor é gerado através do atendimento dos requisitos do cliente interno e externo. Assim, a eficiência dos processos pode ser melhorada e suas perdas reduzidas não só através da melhoria da eficiência das atividades, mas também pela eliminação de algumas atividades do fluxo que não contribuam para atender o cliente final.
- b) **Aumento do valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes:** mais um dos princípios básicos da Construção Enxuta, este princípio estabelece que as necessidades dos clientes internos e externos devem ser identificadas e mapeadas, e esta informação deve ser considerada no projeto do produto final e na gestão da produção.
- c) **Redução da variabilidade: as variabilidades do processo de produção podem ser de diversos tipos:**
 - a. Variabilidade dos processos anteriores: está relacionada à etapa anterior do processo – fornecedores;
 - b. Variabilidade no processo atual: relacionada à etapa do processo em andamento;
 - c. Variabilidade na demanda: relacionada aos desejos e necessidades do cliente final;

Para gestão do processo, as razões para a redução da variabilidade são i) uniformidade do produto, do ponto de vista do cliente ii) a variabilidade tende a aumentar ou incluir parcelas de trabalho que não agregam valor no fluxo;

- d) **Redução do tempo de ciclo de produção:** este tempo refere-se à soma de todos os tempos: de transporte, de espera, de processamento e de inspeção. Tem origem na filosofia *Just in Time*. Está relacionada à necessidade de comprimir o tempo disponível para a realização das atividades ou mesmo a eliminação de algumas das atividades. A redução do tempo de ciclo ainda traz mais algumas vantagens:
 - a. Entrega mais rápida ao cliente;
 - b. A gestão dos processos torna-se mais fácil;
 - c. O efeito de aprendizagem tende a aumentar;

- d. A estimativa de demandas futuras fica mais precisa;
- e. O sistema de produção torna-se menos vulnerável às mudanças de demanda;
- e) **Simplificação do processo através da redução do número de passos ou partes:** tem por objetivo a simplificação do processo através da redução das suas partes. Quanto maior o número de passos em um processo, maior a tendência de existir um grande número de atividades que não agregam valor. Isto se deve em função das tarefas auxiliares de preparação e conclusão necessárias para cada passo no processo, além do fato de, em presença de variabilidade, existir uma tendência de um aumento da possibilidade de interferências entre as várias equipes de trabalho;
- f) **Aumento da flexibilidade de saída:** a forma de combate à incerteza existente no processo de produção, segundo Koskela (1992), dá-se através redução de lotes para tamanhos próximos aos da demanda, da redução no tempo de setup e da adequação do produto aos requisitos do cliente. Refere-se também à possibilidade de alterar as características dos produtos entregues ao cliente, sem aumentar substancialmente os seus custos. Segundo Bernardes (2001), outra forma de flexibilidade é a criação de equipes polivalentes. Embora este princípio seja contraditório ao conceito de aumento de eficiência, existem casos em que a manutenção de níveis elevados de produtividade foram possíveis mesmo com a implantação do conceito de flexibilidade.
- g) **Aumento na transparência do processo:** a visibilidade dos funcionários e gestores de uma forma clara, das etapas do processo, tende a tornar os erros mais fáceis de serem identificados no sistema de produção, ao mesmo tempo em que a transparência do processo aumenta a disponibilidade de informação necessária para a execução das tarefas, facilitando o trabalho. É uma ferramenta que pode aumentar o envolvimento do pessoal da operação no processo de melhoria;
- h) **Foco no controle do processo global:** este princípio tem seu fundamento nas análises do processo como um todo, de forma a permitir a identificação e correção de desvios. Análises setoriais tendem a serem míopes e dificultam a identificação e correção de desvios. Shingo (1988) propõe que primeiro devem ser introduzidas melhorias no processo (fluxo de montagem, de materiais e informações) para depois serem analisadas melhorias na operação propriamente dita (tarefas finais realizadas pelas pessoas e pelas máquinas);

- i) **Introduzir a melhoria contínua no processo:** a redução das perdas e o aumento de valor na gestão dos processos devem ocorrer de uma forma contínua dentro da organização (KOSKELA, 1992), tendo um caráter incremental e de melhoria ao longo do tempo. Deve ser conduzido continuamente, com a participação direta da equipe responsável pelo processo;
- j) **Manter equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões:** quanto maior a complexidade do processo produtivo, maior será o impacto de qualquer melhoria no fluxo no processo como um todo (KOSKELA, 1992). A melhoria no fluxo requer em geral, menores investimentos, sendo fortemente recomendadas no início de programas de melhoria. As melhorias de processamento por sua vez, são mais vantajosas quando existem perdas inerentes à tecnologia sendo utilizada, sendo os seus efeitos mais imediatos. As melhorias de fluxo e conversão estão intimamente relacionadas, na medida em que fluxos são mais bem gerenciados fica facilitada a introdução de novas tecnologias e há uma diminuição da necessidade da capacidade de produção nas atividades de conversão, reduzindo a necessidade de investimentos. Por outro lado, a inserção de novas tecnologias nas atividades de conversão tende a reduzir a variabilidade, beneficiando os fluxos. Desta forma, é necessário haver equilíbrio entre as melhorias. Dentro de um processo, deve haver a alternância entre a melhoria incremental, focada nas atividades do fluxo e entre a inovação tecnológica, esta em geral de origem externa à organização e são atividades que envolvem mudanças maiores nas atividades de conversão.
- k) **Fazer benchmarking:** este princípio tem haver com o processo de aprendizado a partir das práticas adotadas em outras empresas, geralmente líderes em um determinado segmento da produção. Como norte para a aplicação deste princípio, o processo estruturado passa pelos seguintes passos:
 - a. Conhecer e mapear os processos dentro da própria empresa;
 - b. Identificar as boas práticas em empresas similares;
 - c. Entender os princípios práticos por trás destas boas práticas;
 - d. Adaptar estas boas práticas encontradas no mercado à realidade da sua empresa;

3.2.4. Perdas na construção Civil

Na construção civil, existem estudos para identificar perdas nas principais atividades desenvolvidas no processo de produção. Alarcon (1997) propõe uma adaptação das perdas de

Shingo (1996) para a construção civil. Estas principais perdas propostas referem-se à administração do projeto, utilização de recursos e ao sistema de informação são:

- Trabalho não é feito;
- Retrabalho;
- Trabalho desnecessário;
- Erros;
- Interrupções;
- Perdas de materiais;
- A deterioração de materiais;
- Perda de trabalho;
- Movimentação desnecessária de materiais;
- Vigilância excessiva;
- Supervisão extra;
- Espaço adicional;
- Atrasos nas atividades;
- Processamento extra;
- Esclarecimentos;
- Danos anormais causados pelo uso do equipamento;

Outras perdas apontadas na literatura incluem o projeto e a documentação, a aquisição e o manuseio de materiais e a gestão da obra (SAURIN, 2015). Koskela (2004) diz que normalmente perdas ocorrem quando uma tarefa é iniciada antes de todas as condições de execução desta tarefa estão reunidas. Isto, embora mantenha a capacidade produtiva ocupada, provoca efeitos colaterais como o aumento de trabalho dentro do processo, retrabalho e o surgimento ou aumento dos riscos envolvidos no processo.

Bolviken (2014) apresenta uma classificação mais moderna de perdas na construção civil baseada na teoria de Transformação de Fluxo de Valor (TFV) para gerenciamento de produção. Essa classificação tem uma ligação estreita entre perdas por projetos e perdas por produção – a) O desperdício de material b) O uso inadequado de determinados materiais c) O uso inadequado de máquinas, trabalho e energia. Estas perdas resultam principalmente em desperdício de material, desperdício de tempo e perda de valor (BOLVIKEN, 2014).

3.2.5. Sistemas Poka-Yoke

3.2.5.1. Origem e conceituação

A origem destes dispositivos Poka-Yoke ocorreu com a invenção do tear auto ativado por Sokachi Toyota. Esta máquina parava, por conta de um dispositivo Poka-Yoke, sempre que alguma anormalidade no processo de produção acontecia. Isto evitava a produção com erro e permitia que poucos funcionários controlassem o funcionamento de uma grande quantidade de máquinas simultaneamente (GHINATO, 1996). O termo poka-yoke vem das palavras japonesas yokeru (para evitar) e poka (inadvertida) (NKS, 1987).

Dispositivos Poka-Yoke são dispositivos de detecção de anormalidades. O seu objetivo é viabilizar a inspeção na fonte e conseqüentemente eliminar as perdas pela fabricação de algum produto defeituoso. São dispositivos que podem ser simples, mas são de suma importância em uma política de controle de qualidade, com meta ao defeito zero. Sua principal função é garantir um processo livre de falhas, mas podem ser aplicados em outras atividades do processo como transporte e estocagem (GHINATO, 1996). É uma forma de bloquear as principais interferências, geralmente decorrentes de erro humano na execução de uma atividade ou operação. Caracterizam-se pelo fato de serem utilizados em regime de inspeção de 100% da atividade, dispensar a constante atenção do operador ao que está sendo processado, reduzirem ou eliminarem os defeitos através de visualização e ação corretiva imediata e por serem simples e de baixo investimento para a implantação (OHNO, 1997; SHINGO, 1996).

3.2.5.2. Classificação dos dispositivos Poka-Yoke

A classificação dos dispositivos Poka-Yoke é feita de acordo com o seu propósito e a técnica utilizada (SHINGO, 1996).

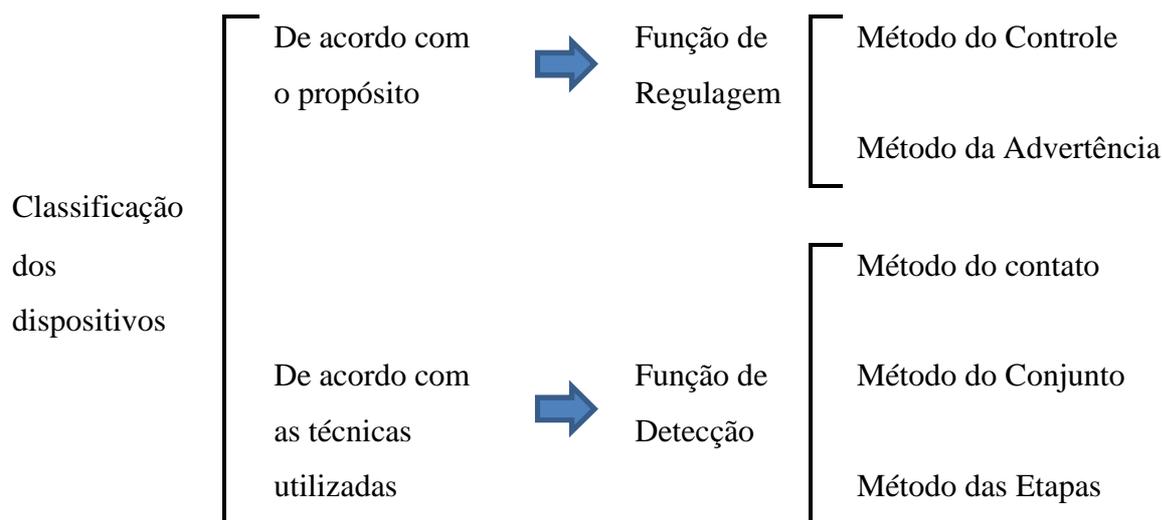


Figura 19 – Classificação dos dispositivos Poka-Yoke (GHINATO, 1996).

A função regulagem define o método a ser utilizado de acordo com a sua finalidade e seu objetivo. Com base na gravidade, frequência e consequências do problema, podem ser escolhidas ou utilizadas umas das duas situações:

- Método do controle – detectada uma anormalidade, este método interrompe a execução da operação, evitando a geração de defeitos em série;
- Método da advertência – neste método, depois de detectada a anormalidade e sem parar o processamento da atividade, ele sinaliza a ocorrência de desvios através de sinais sonoros, como buzinas ou sirenes, ou através de sinais luminosos (como lâmpadas coloridas ou lampejos intermitentes), de forma a atrair a atenção dos responsáveis. Este método é recomendado quando a implantação do método de controle é economicamente inviável e a frequência do defeito for baixa e puder ser corrigida (GHINATO, 1996; SHINGO, 1996).

A Função de Detecção, por sua vez, é dividida em três categorias, conforme o mecanismo utilizado:

- Método do Contato: caracteriza-se pela detecção de anormalidade na forma ou na dimensão do produto, através de dispositivos que se mantêm em contato com a peça durante o processo de inspeção (GHINATO, 1996).
- Método do Conjunto: é utilizado em operações que possuem uma sequência de movimentos pré-estabelecidos. O objetivo deste método é garantir que nenhum destes passos pré-estabelecidos seja negligenciado, através de contagem automática e do controle no número de movimentos executados (GHINATO, 1996).

- Método das Etapas: este método evita que o operador execute por engano um movimento ou uma etapa que não faz parte do procedimento pré-estabelecido (GHINATO, 1996).

Existem algumas situações onde a utilização de dispositivos Poka-Yoke é mais apropriada (GHINATO, 1996):

- Operações manuais onde o operador deve estar atento;
- Situações em que possa ocorrer o posicionamento errado de peças;
- Situações com a necessidade de ajustes;
- Sempre que o Controle Estatístico do Processo (CEP) seja de difícil aplicação ou ineficiente;
- Linhas de produção com diversos modelos sendo produzidos simultaneamente.

3.2.5.3. Poka-Yoke na construção Civil

O uso de sistemas poka-yoke na construção civil como ferramenta de redução de variabilidade tem sido bastante abordado nos últimos anos. O trabalho de Santos e Powell (1999) publicado no IGLC fala sobre esta utilização. Segundo Santos e Powell (1999), nos primórdios da implantação do controle de qualidade, acreditava-se que a alta qualidade implicava necessariamente em uma inspeção de 100% dos produtos, pois os sistemas de produção são complexos e alguns erros podem passar sem aviso prévio. Mais tarde, começou-se a perceber quão oneroso e demorado era esse nível de inspeção. O segundo movimento controle de qualidade foi o SPC – Statistical Process Control, método que substituíra a inspeção visual de 100% pela inspeção de amostragem (NKS, 1987; MONDEN, 1998). Porém, o custo com os erros que uma abordagem SPC pode permitir pode inviabilizar este tipo de controle. Com isso, observa-se uma tendência ao retorno da teoria do zero defeito e da inspeção de 100% das etapas de produção.

Hoje essa atividade de inspeção é projetada para ser menos demorada, fazendo-se uso de controles automáticos destinados a identificar, evitar e reduzir os problemas exatamente quando eles ocorrem.

Uma das fontes mais comuns de erros em sistemas de produção é o próprio ser humano. NKS (1987) propõe a lista que mostra alguns dos principais erros humanos e as ações para evitá-los:

- **Esquecimento**: alertar operador com antecedência, ou verificação em intervalos regulares;

- **Erros devido ao mal-entendido:** a formação do funcionário, treinamento com antecedência, padronização dos procedimentos do trabalho;
- **Erros de identificação:** formação e atenção do trabalhador;
- **Erros cometidos por trabalhadores inexperientes:** falta de habilidade e padronização no trabalho (principalmente na construção civil);
- **Erros intencionais:** educação fundamental, disciplina e experiência;
- **Erros involuntários:** atenção, disciplina e trabalho normatizado;
- **Erros devido à lentidão:** capacitação, padronização do trabalho;
- **Erros devido à falta de norma:** padronização do trabalho, instrução de trabalho.
- **Erros surpresa:** Manutenção produtiva total e padronização do trabalho.

A ênfase de dispositivos poka-yoke na literatura de processos produtivos é quase que exclusiva em máquinas. Porém, as observações no canteiro de obras que tem revelado um uso restrito de máquinas estão exigindo uma mudança desta abordagem. Existe um enorme potencial para a construção de dispositivos poka-yoke simples, elaborados com os próprios materiais ou componentes existentes no canteiro de obras.

3.2.6. Gerenciamento Visual

Uma das práticas da mentalidade enxuta que contribuem para a estabilidade é a transparência do processo. A transparência, segundo Santos (1999) é definida como a capacidade de uma atividade da produção comunicar informações úteis às pessoas envolvidas, facilitando o fluxo do processo. É uma comunicação sem palavras ou voz, oferecendo informações que facilitam o trabalho e aumentam a autonomia dos funcionários, tornando o processo visível e compreensível para todos os usuários (KOSKELA, 2000). Takahashi e Osada (1993) sugerem quatro formas de gerenciamento visual:

- O uso de dispositivos visuais;
- O programa 5S;
- Coleta e divulgação de indicadores de desempenho;
- Remoção de obstáculos visuais.

Andon é um exemplo de ferramenta de gestão através do visual, em que mostra o estado das operações em suas áreas. Em geral, informa quando algo anormal ocorre. Para Ohno (1997) um dos segredos do STP é o controle visual integral das plantas de produção, através das FTP's (Folhas de Trabalho Padrão) fixadas em local bem visível, em cada estação de trabalho.

Estas folhas associadas à Andons (quadros que indicam o local e a natureza da situação que provocam paradas nas linhas) são um meio de controle visual para administração do STP.

O 5S (Seiri, Seiton, Seisou, Seiketsu e Shitsuke) compõe uma prática de melhoria e organização do ambiente de trabalho que foca em uma contínua ação de melhoria na organização, arrumação, limpeza, padronização e autodisciplina, visando à melhoria dos produtos e o desenvolvimento dos processos. É uma prática que muda a forma como as pessoas encaram seu trabalho e também a que o executam (TAKAHASHI; OSADA, 1993).

3.3.MÉTODO DE PESQUISA

3.3.1. Delineamento da Pesquisa

A estratégia de pesquisa adotada neste trabalho foi a de pesquisa-ação. De acordo com Fonseca (2002), a pesquisa-ação é caracterizada por uma participação planejada do pesquisador na situação investigada. O trabalho consistiu na implantação de algumas práticas *lean* na obra Y em análise. Foi elaborado um Mapa de Fluxo de Valor, após a implantação destas práticas *lean* e, com base nisso, foram avaliadas a estabilidade e a capacidade dos indicadores associados aos 4M. Foi aproveitado, para que se pudesse traçar um paralelo da situação em que foram aplicadas ferramentas *lean* com o cenário anterior à aplicação destas práticas, foi utilizado o Mapa de Fluxo de Valor atual sem a aplicação destas ferramentas *lean* confeccionado no trabalho de Freitas (2015a). Este MFV foi utilizado devido à similaridade entre as obras. Por este motivo, a elaboração do Mapa de Fluxo de Valor desta nova obra estudada se deu somente após a aplicação das ferramentas *lean*. Os indicadores associados aos 4M foram os mesmos indicadores selecionados e utilizados por Freitas(2015a), também de forma a ser possível comparar os resultados obtidos. Também tendo em vista essa comparação, o mapa do fluxo de valor foi realizado considerando um lote de 100 metros de pista pavimentada (FREITAS, 2015a). Este estudo desenvolveu-se através das seguintes etapas:

- a) Identificação da obra de construção de infraestrutura viária a ser estudada - Os critérios utilizados nesta escolha foram: i) similaridade com a obra estudada no primeiro artigo ii) o fato de ser uma obra de infraestrutura viária típica dentre

aquelas executadas pela empresa iii) facilidade do autor para obtenção dos dados nos setores da empresa estudada;

- b) Identificação das práticas da construção enxuta que poderiam ser aplicadas nesta frente de trabalho, a partir das melhorias apontadas no primeiro artigo (FREITAS; 2015a);
- c) Identificação das etapas do fluxo de valor de execução da obra;
- d) Elaboração do Mapa de Fluxo de Valor após a implantação das ferramentas lean selecionadas;
- e) Avaliação da estabilidade e capacidade de cada indicador associado aos 4M (Material, Mão-de-obra, Máquina e Método).

A coleta dos dados para realização das etapas listadas anteriormente se deu por meio de:

- Conversas informais com o coordenador, encarregado da obra e demais funcionários sobre os processos de qualidade e instruções de trabalho. Com base nessas conversas, foi desenvolvido um check list para avaliar a aderência do trabalho real ao trabalho prescrito;
- Análise do projeto da obra, bem como o mapeamento das suas etapas de execução para a realização do cronograma e do planejamento da obra. Com base nisso, foi feito o planejamento das entregas de materiais, visando a redução de estoques na obra;
- Análise do cronograma da obra e da Programação de Trabalho Semanal (PTS), de onde foi possível extrair os dados de prazo e avanço físico, de forma a permitir a programação enxuta de entrega dos materiais;
- Análise do sistema de gerenciamento da empresa (SAP), no centro de custo da obra estudada, com o objetivo de geração dos indicadores de disponibilidade das máquinas. O período analisado foi o período da obra (01/08/2014 a 05/10/2014);
- Registro fotográfico das diversas etapas da produção da obra;
- Análise dos dados do setor de recursos humanos da empresa – faltas e atrasos, demissões e contratações, número e cargo de funcionários para cálculo dos indicadores de mão-de-obra, no período da obra (01/08/2014 a 05/10/2014);
- Análise dos apontamentos realizados no registro diário de produção elaborado pelo encarregado em formulário específico denominado RDO (Registro Diário de Obra). Através destes apontamentos diários foi possível a obtenção das produtividades reais de cada trabalho;

- Análise dos resultados extraídos do check list de acompanhamento dos fornecedores e das entregas de materiais no canteiro de obras para geração dos indicadores referentes aos materiais.

3.3.2. Caracterização da Empresa Escolhida

A empresa onde foram realizados os estudos objetos deste trabalho, denominada empresa Alfa, executa obras de infraestrutura e pavimentação viária no município de Porto Alegre e na região metropolitana. A empresa Alfa foi fundada em 1995, e tem cerca de 1200 funcionários. Ela atua em outros segmentos, como produção de pedra britada, produção e entrega de concreto e produção de CBUQ⁴. Os sub-serviços que compõem o serviço de execução de obra de infraestrutura viária e pavimentação podem ser classificados em três grandes categorias: a) terraplenagem, b) drenagem e c) pavimentação. A obra escolhida para o estudo de caso foi uma rua a ser pavimentada na zona norte da cidade de Porto Alegre, cujo prazo de execução foi de 01/08/2014 a 05/10/2014, ou seja, cerca de dois meses. O principal critério para a escolha da obra investigada neste estudo de caso foi: a) similaridade com a obra executada no estudo anterior (FREITAS, 2015a) b) a continuidade do esforço existente dentro do grupo para a padronização dos trabalhos e para a melhoria da produtividade na execução dos serviços c) a facilidade de acesso dentro dos setores da empresa para obtenção das informações. Quanto à escolha das famílias de serviços, optou-se por manter as mesmas famílias avaliadas e estudadas anteriormente, e que compõem a espinha dorsal do produto final acabado: Terraplenagem, Drenagem e Pavimentação.

3.3.3. Aplicação das práticas *lean*

3.3.3.1. Aplicação de padronização: desenvolvimento de Instruções de Trabalho

A empresa Alfa tem utilizado padrões de trabalho em suas principais atividades desenvolvidas no canteiro de obra (Terraplenagem, Drenagem e Pavimentação). Estes padrões são operacionalizados por meio de documentos denominados Instruções de Trabalhos (ITs), desenvolvidas à cerca de 3 anos na empresa estudada e que vem sofrendo, ao longo dos anos,

⁴ Concreto Betuminoso Usinado à Quente

melhoria contínua. O autor deste trabalho participou do processo de desenvolvimento das ITs e vem participando deste processo de ajustes e melhorias.

Contudo foi percebido através das auditorias de verificação de qualidade executadas no trabalho de Freitas (2015a; Quadro 06) que havia na equipe da obra (encarregado, operadores de máquinas, pedreiros e serventes) uma falta de conhecimento das etapas de trabalho descritas e dos processos definidos nestas ITs. Isto pode ser percebido pela nota final obtida nesta auditoria (7,5) e pelo número de não conformidades percebidas naquele momento. Adotou-se, neste caso, um treinamento da equipe de coordenação e execução de obra no início das atividades no canteiro. O treinamento foi realizado com carga horária de 8 horas e teve a participação da equipe multidisciplinar da empresa Alfa (setores de segurança, qualidade, recursos humanos e engenharia).

3.3.3.2. Aplicação do programa 5S

A organização do canteiro de obra e das frentes de trabalho é o primeiro passo para uma produção organizada e satisfatória. Adotou-se na obra o conceito do 5S e a criação de sinaleira indicativa, responsabilizando o encarregado da frente de trabalho e a equipe quanto à manutenção deste indicador em níveis de aceitação. Similarmente às instruções de trabalho, o programa 5S já havia sido desenvolvido há alguns anos, porém não era reforçada a sua prática. No canteiro, esta prática foi reforçada através de auditoria e check list mensal. Os critérios avaliados foram de acordo com o check list do quadro 10.

3.3.3.3. Planejamento da entrega de materiais just-in-time

Os atrasos na entrega de materiais eram frequentes na primeira obra analisada, onde de oito entregas de artefatos de concreto, quatro foram realizadas com atraso, por exemplo. A forma de evitar estes atrasos foi à elaboração, junto aos fornecedores, de um planejamento detalhado da obra onde se obteve as datas de necessidade de fornecimento dos materiais, deixando claro para os fornecedores as datas das entregas destes materiais na frente de serviço. Este planejamento era baseado no cronograma inicial da obra, mas ajustado semanalmente através do formulário chamado PTS (Planejamento das Tarefas Semanais), feito na forma de last planner. Perguntas tipo “O que faremos na próxima semana?” normalmente geravam respostas do tipo “O que estiver no cronograma”. Porém, correções de percursos são necessárias, e fatores como a entrega de recursos de forma irregular ou fora do planejado, ou serviços que são pré-requisitos para outras tarefas que não acabaram não ficando prontas, invalidam rapidamente o cronograma inicial (o que seria feito e o que deveria ser feito). Este

descolamento resultaria rapidamente na desistência do planejamento (BALLARD, 2000). Por esse motivo, adotou-se o replanejamento de cronograma semanal, onde as programações de entrega de materiais também eram ajustadas semanalmente.

Foi elaborado também o acompanhamento das entregas planejadas e ocorridas através da ficha de Inspeção de Fornecedores e Produtos, de forma a quantificar os desvios de prazo e obter subsídios para melhorar a estabilidade e a capacidade de atendimento destes fornecedores.

3.3.3.4. Aplicação de dispositivos poka-yoke

A atividade de acompanhamento do nivelamento das alturas nas camadas finais nas pistas é feita na obra com trena, por profissional denominado greidista. A função do greidista é orientar o operador da motoniveladora quanto às alturas de corte, uma vez que quando o operador está em cima da máquina ele não tem visão total da marcação. Esta checagem é feita a partir da marcação topográfica das alturas de meio-fio aplicado e sua medida depende da estrutura de pavimento que será aplicada, sendo diferente e específica para cada obra ou projeto (espessura de subleito escavado, espessura da camada de sub-base, espessura da camada de base e espessura da camada de asfalto), pois depende do projeto de estrutura do pavimento. A oportunidade de implantação de dispositivo Poka-Yoke para evitar que o funcionário se perca com as medidas de altura das camadas, em relação à marcação topográfica, surgiu à partir do histórico de retrabalhos que ocorrem por conta de erros nesta atividade. Para evitar isto, foram desenvolvidos dois gabaritos em madeira, um com a altura de escavação do subleito e um com a altura de aplicação de brita graduada, pré-definidas para aquele projeto. A sua concepção teve a participação do encarregado da frente de trabalho e do profissional que iria manipulá-lo.

3.3.3.5. Aplicação de Andon

A retroescavadeira é um dos equipamentos mais versáteis da frente de trabalho. Ela executa tanto atividades diretas na obra, como escavação de valas de drenagem, assentamento de tubos de concreto e escavações, como também executa diversas atividades de apoio, como o transporte de material para frente de serviço e a limpeza da obra. A dificuldade de comunicação entre o operador da máquina que está executando determinada atividade na frente de trabalho e o encarregado foi identificado como um dos maiores motivos das paradas do equipamento quando o mesmo está em condições de funcionamento. Em uma frente de trabalho onde as atividades executadas são bastante variáveis, o operador da máquina paralisa

os trabalhos, em muitos casos, por não ter certeza de qual atividade executar e, ainda que saiba o que deve ser feito, muitas vezes tem dúvidas de como o trabalho deve ser executado (dúvidas de projeto). Paradas por pane no equipamento por vezes também demoram a ser informadas ao encarregado, que por sua vez aciona o setor de manutenção corretiva da empresa.

Para facilitar a comunicação do operador da retroescavadeira com o encarregado da obra, foi implantada uma ferramenta visual do tipo andon, que consistia em um giroflex com sirene ligada ao painel da máquina. Sempre que o operador tinha alguma dúvida ou problema, este equipamento era acionado, chamando a atenção do encarregado da obra. Este, por sua vez, deslocava-se até a localização do equipamento para averiguar o ocorrido. Percebeu-se que o tempo de resposta entre a parada do equipamento e a comunicação do encarregado de obra reduziu bastante com a implantação desta ferramenta.

Do ponto de vista técnico, não houve dificuldades de implantação, uma vez que a ferramenta de giroflex e sirene já existem no mercado e podem ser adquiridas a baixo custo e implantadas em qualquer equipamento. No caso analisado, bastou uma adaptação no painel e a inclusão de um botão de acionamento.

A ferramenta mostrou-se eficiente no caso estudado, por se tratar de uma rua de pequena extensão. Em frentes de trabalho mais extensas, esta ferramenta pode ficar com menor eficácia em função da distância entre o equipamento e o encarregado.

3.3.4. Elaboração do Mapa de Fluxo de Valor

O MFV da obra em estudo apresenta o fluxo de materiais e informações após a aplicação de práticas *lean* citadas nas seções 3.3.3. Para elaborar o MFV foram identificadas as etapas do processo, quais os tempos de ciclo de cada etapa, quantos funcionários atuam em cada etapa, quais os tempos de parada de produção e seus motivos, o número de pessoas envolvidas em cada processo, procedimentos de programação e controle de produção e dados sobre a matéria-prima utilizada nos processos avaliados (fornecedores, comunicação com os fornecedores, frequência de compras, estoque e formas de entrega e armazenamento).

Neste trabalho, foi considerado o MFV correspondente à produção de 100 metros de pista pavimentada. A obra toda tem tamanho aproximado de 170 metros de pista asfaltada com oito metros de largura entre meios-fios. Neste cenário, avaliaram-se os serviços de Terraplenagem, Drenagem e Pavimentação.

A escolha do lote de 100 metros para análise foi em função de três motivos principais:

- Esse é o lote mínimo para ensaio de Brita Graduada (1 ponto de ensaio de grau de compactação por frasco de areia deve ser executado a cada 100/m de pista, segundo caderno de encargos do DNIT);
- Esse lote abrange 2 pontos de ensaio de grau de compactação do subleito (1 ponto de ensaio de grau de compactação por frasco de areia a cada 40 metros de pista, segundo caderno de encargos do DNIT);
- Esse é o lote mínimo para que o se trabalhe com produtividade na obra, durante a operação e movimentação dos equipamentos que executam os trabalhos (motoniveladora, rolo compactador, rolo de pneu e vibroacabadora).

3.3.5. Avaliação da Estabilidade de fluxo de valor

- **Quanto à Mão de obra**

Os dados relativos à mão de obra foram obtidos a partir dos registros de cartão ponto junto ao setor de recursos humanos da empresa. Dados relativos ao número de funcionários alocados na obra, total de horas apropriado em cada serviço, total de faltas e atrasos, bem como horas extras foram levantados pelo período que durou a execução da obra (01/08/2014 a 05/10/2014).

- **Quanto ao Material**

Foi utilizado para a qualificação dos fornecedores o Índice de Avaliação de Fornecedores existente no sistema de qualidade da empresa. A periodicidade de avaliação deste índice é semestral e qualifica o fornecedor para integrar o quadro da empresa. Para estabelecer série histórica de desempenho e avaliar os fornecedores e produtos entregues quanto a sua estabilidade e capacidade de atendimento foi elaborado um check list, denominado **Inspeção de Fornecedores do Produto**, preenchido a cada entrega na obra, e que avalia o fornecedor e o produto entregue segundo cinco critérios: a) preço de acordo com o pedido b) prazo/horário de entrega conforme previsto c) quantidade entregue conforme a nota fiscal d) qualidade da inspeção visual conforme padrão e) transporte adequado conforme entrega. Este check list era aplicado pelo apontador da obra, sendo realizado a cada entrega programada.

- **Quanto às Máquinas**

Análogo ao que foi feito na primeira parte desta dissertação (FREITAS, 2015a), calculou-se a disponibilidade média dos equipamentos para esta obra. Para tanto, tomou-se o controle horário dos equipamentos e os desvios destes equipamentos que trabalharam no período e na obra. Estes dados de desvios são obtidos através de relatório do sistema de controle e gerenciamento de equipamentos da empresa Alfa, SAP, e dos apontamentos no BDE - Boletim Diário de Equipamento, realizado diariamente pelo operador de cada máquina. São apontados como desvios:

- a) Paradas devido à chuva;
- b) Deslocamentos até a frente de trabalho ou dentro do canteiro de obra;
- c) Manutenções preventiva e preditiva programadas;
- d) Manutenção corretiva;
- e) Abastecimento.

As máquinas utilizadas durante a obra foram: retroescavadeira case 580, motoniveladora G940, rolo compactador tipo RL-95 Caterpillar, caminhão basculante trucado, rolo de pneu e vibroacabadora. Adotou-se o indicador de disponibilidade média mensal dos equipamentos, que é obtido através da soma das horas totais que o equipamento estava na obra mês a mês e totaliza também as horas de desvio do equipamento ao longo mês analisado. Divide-se as horas totais de desvios pelas horas em que o equipamento esteve na frente de serviço. O resultado desta divisão, multiplicado por 100 gera o percentual do tempo total em que o equipamento não esteve disponível para trabalhar por conta dos desvios apontados. A diferença deste percentual para os 100% totais gera o indicador de disponibilidade do equipamento no mês. Com o indicador de disponibilidade mensal médio (média aritmética do percentual de disponibilidade de todos os equipamentos), analisa-se a capacidade e estabilidade do indicador.

- **Quanto ao Método**

Percebeu-se, no trabalho realizado por Freitas (2015a), uma deficiência no treinamento do pessoal e no conhecimento do encarregado da obra nos procedimentos de qualidade da empresa, bem como nas instruções de trabalho de cada serviço. Isto ficou evidenciado na verificação de qualidade 01, através das Não Conformidades apontadas nos itens 2 e 4. O desconhecimento de processos de execução e de gestão da qualidade, o preenchimento

incorreto de documentos e o desconhecimento das políticas de qualidade da empresa foram os itens que mais retiraram pontuação na análise de aderência ao método na primeira obra analisada (FREITAS; 2015a).

Para a avaliação deste elemento do método, foi novamente estabelecido check-list de acordo com as instruções de trabalho registradas no manual de procedimentos e de trabalho padronizado da empresa. A avaliação da aderência dos trabalhos ao padrão pré-estabelecido se deu através de vistoria mensal, realizada nesta frente de serviço estudada. Esta vistoria ocorreu através da entrevista todos os funcionários da frente de trabalho e é executada por auditor interno de qualidade, funcionário da empresa devidamente treinado para esta função. Durante a auditoria, preenche-se o check list (quadro 16) e cada não conformidade apontada tem um peso: a) nota 10 para até duas não conformidades apontadas b) nota 5 para três à cinco não conformidades apontadas e c) nota 0 para mais de seis não conformidades apontadas. São avaliados três grandes grupos i) Documentos de Qualidade ii) Registro de ações iii) Qualidade da operação. A média das notas parciais de cada grupo e a média da nota obtida nos três grupos gera a nota do indicador final da auditoria. A nota obtida é do indicador de **aderência** da frente de trabalho aos **procedimentos padronizados** da empresa. A coleta de dados foi realizada mensalmente no período de execução da obra.

Resumidamente, os indicadores relativos aos 4M avaliados quanto à estabilidade e capacidade são apresentados no quadro 08.

Quadro 08 – Resumo dos indicadores avaliados na obra Y

QUADRO DOS INDICADORES COLETADOS					
ELEMENTO DE PRODUÇÃO	INDICADOR UTILIZADO	O QUE AVALIA	PERIODICIDADE	META OBRA	FREQUENCIA DE COLETA DOS DADOS
MÃO DE OBRA	ABSENTEÍSMO	ATRASOS FALTAS ATESTADOS SAÍDAS ANTECIPADAS	MENSAL	< 3% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	AO LONGO DO PERÍODO DE TODA A OBRA
	TURN OVER	MOVIMENTAÇÃO CONTRATAÇÃO DEMISSÃO	MENSAL	< 3% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	AO LONGO DO PERÍODO DE TODA A OBRA
MATERIAL	AValiação de fornecedores	DESEMPENHO DO FORNECEDOR A CADA ENTREGA	A CADA ENTREGA	>80% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	A CADA ENTREGA DOS PRODUTOS CRÍTICOS DA OBRA
MÁQUINA	DISPONIBILIDADE	DISPONIBILIDADE EFETIVA DO EQUIPAMENTO	MENSAL	>80% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	AO LONGO DO PERÍODO DE TODA A OBRA
MÉTODO	PROCEDIMENTO IT	PROCEDIMENTO QUE COMPÕE O TRABALHO REALIZADO	MENSAL	>80% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	AVAlIAÇÃO MENSAL

Foram utilizadas, como meta para os indicadores analisados na obra, as faixas de valores definidas pelo sistema de gestão da empresa (alta direção).

3.3.6. Análise estatística dos resultados obtidos

A abordagem estatística utilizada neste artigo foi a da estatística robusta (Robust Statistic) como uma abordagem para analisar a influencia de valores atípicos (outliers) (ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY, 2001), como alternativa a procedimentos da estatística clássica na identificação e eliminação desses valores. A estimativa da estatística robusta é calculada através da mediana (μ) dos valores obtidos para cada indicador selecionado. Foi utilizada também a estimativa robusta de *desvio padrão* (σ), por meio da relação com a amplitude interquartílica (AI), dada pela equação $\hat{\sigma} = \frac{3}{4} * AI$.

A amplitude interquartílica é calculada através da diferença entre o terceiro e o primeiro quartil ($AI=Q_3-Q_1$), na qual é uma medida que indica o quanto os pontos estão distanciados da mediana. O quartil é a medida que divide o conjunto em quatro partes iguais. O primeiro quartil (Q_1) é definido como separatriz que divide a distribuição em duas partes, na qual 25% dos valores sejam inferiores a este valor. O segundo quartil (Q_2) é coincidente com a mediana, pois é o valor que divide a distribuição de dados em exatamente metade dos elementos. Já o terceiro quartil (Q_3) representa o valor cujos 75% dos dados são inferiores a este valor.

Com isso, os valores dos indicadores selecionados foram avaliados pela estimativa robusta da média, para um valor médio central, que neste caso é a mediana ($\mu \pm 3\hat{\sigma}$) e do desvio padrão ($\hat{\sigma}$) para a estabilidade de um processo. Na sequência, os indicadores foram comparados com a meta estabelecida. Os limites superiores e inferiores adotados como limites teóricos são valores estipulados no sistema de gestão da empresa, que define estas faixas de limites aceitáveis. Estes limites superiores e inferiores são comparados com a mediana mais ou menos três vezes o desvio padrão ($\mu \pm 3\hat{\sigma}$).

Com isso, é realizado o teste de estabilidade. Este teste compara os valores mínimos e máximos das amostras, com o limite da mediana mais ou menos três vezes o desvio padrão ($\mu \pm 3\hat{\sigma}$). Caso não exista evidência de causas especiais atuando no processo, o teste classifica o processo como ESTÁVEL. Caso contrário, ou seja, percebe-se evidências de causas especiais atuando no processo, o teste o classifica como INSTÁVEL.

Pode-se ainda, analisando-se isoladamente os valores máximos e mínimos do indicador e comparando com os valores inferiores e superiores adotados, defini-lo como CAPAZ ou INCAPAZ.

3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1. A empresa escolhida e a obra analisada

A empresa escolhida para a realização do estudo atua na região metropolitana de Porto Alegre, e pertence a um grupo de empresas que trabalha com a comercialização de pedra britada, preparação e entrega de concreto e execução de obras de infraestrutura. A obra selecionada para este estudo foi intitulada “Pavimentação e Infraestrutura da Rua Y”, que abrange a execução de drenagem pluvial, terraplenagem da via e execução de pavimentação em camada asfáltica, cujo cliente é a Prefeitura Municipal de Porto Alegre. O trecho total a ser urbanizado e pavimentado é 170 metros.

Os serviços preliminares referem-se à marcação topográfica da obra a partir dos projetos fornecidos pelo contratante. Já serviço de drenagem pluvial envolve: (i) o assentamento de tubos de concreto tipo ponta-bolsa com diâmetros nominais (DN) que variam entre 300 mm e 400 mm, (ii) a execução de poços de inspeção ou visita executados em pedra de granito e concreto; (iii) a execução de caixas de bocas de lobo para captação das águas pluviais executadas em tijolo e concreto. A terceira etapa, a de terraplenagem, é composta (i) escavação da rua e ajuste da altura do greide⁵, (ii) pela regularização e compactação do subleito existente, sobre o qual serão colocadas as camadas que compõem a estrutura do pavimento final. O serviço de pavimentação é a quarta etapa do trabalho e é compreendida por a (i) o assentamento manual do meio-fio em concreto (ii) execução da base de brita graduada compactada, (iii) pela imprimação com CM-30⁶ e (iv) pela execução do capeamento final executado em Concreto Betuminoso Usinado à Quente (CBUQ⁷). A quinta e última etapa corresponde à limpeza final e entrega da obra.

A figura 20 exemplifica o fluxo do processo mapeado para cinco grandes etapas da obra.

⁵ Termo da Engenharia Civil para alinhamento e nivelamento

⁶ CM-30 é o Asfalto Diluído de Petróleo empregado em serviços de imprimação de base granular concluída, de modo a conferir coesão superficial das partículas granulares, impermeabilizar e permitir a aderência entre a base e o CBUQ.

⁷ Concreto Betuminoso Usinado à Quente

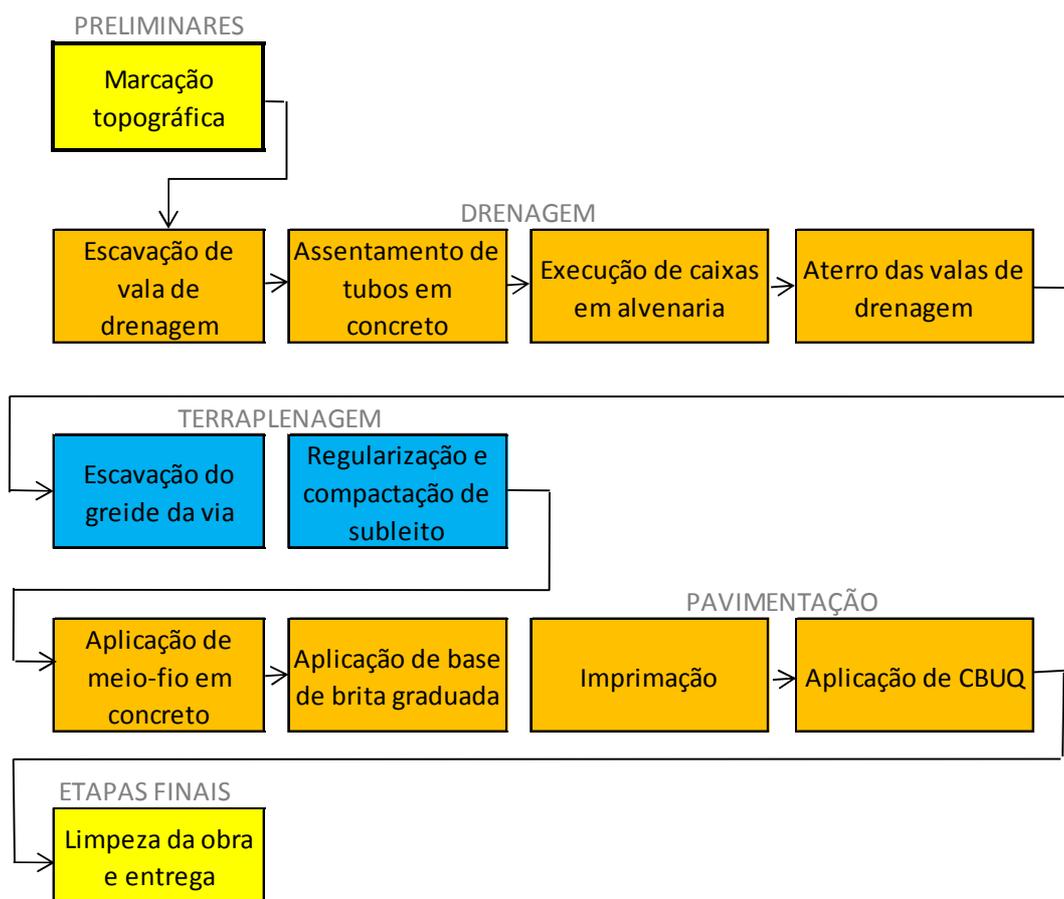


Figura 20 – Fluxo do processo de execução de infraestrutura e pavimentação da Rua Y

3.4.2. Princípios e práticas *lean* aplicados na obra

3.4.2.1. Redução de perdas

A escavação da rede de drenagem pode ser executada com retroescavadeira ou com escavadeira hidráulica, dependendo do diâmetro a ser implantado. Redes de até 600 mm normalmente são executadas com retroescavadeira. No caso da obra estudada, por se tratar de uma rua de pequena extensão, o projeto de drenagem tinha previsão de redes de diâmetros nominais entre 300 mm e 400 mm. Normalmente, a escavação deste tipo de vala ocorre por meio de retroescavadeira com concha de largura de 80 cm. Na situação analisada, optou-se por implantar a escavação com uma concha de largura de 40 cm (figuras 21 e 22), de forma que a vala escavada para o assentamento ficasse com dimensões mais precisas, sem folgas que existiriam caso fosse utilizada uma concha maior. Desta forma, houve uma redução no tempo de reaterro das valas em um dia de trabalho. Contudo, a utilização da vala mais estreita trouxe dificuldade adicional durante a compactação do material de reaterro local, pois o equipamento compactador do tipo “sapo” não conseguiu acessar o espaço entre a parede da vala escavada e

o tubo de concreto assentado. Para solucionar este problema, o reaterro da vala foi realizado com resíduo de pedra, material de menor custo para empresa Alfa, que também atua no ramo de britagem. O resíduo de pedra é um subproduto da britagem. Este tipo de material, quando aplicado até a altura da tubulação e adensado com água, dispensa compactação em camadas. Após o reaterro ultrapassar a geratriz superior da tubulação, segue-se com a aplicação do material local que fora escavado anteriormente.



Figura 21 e 22 – À direita, concha de 40 cm armazenada no canteiro e à esquerda, a concha já instalada e trabalhando na frente de serviço

Com a utilização desta prática, foi reduzida uma parcela da atividade de escavação de vala e da atividade de reaterro de vala do serviço de drenagem como um todo, parcelas estas que não agregam valor ao produto final e isto acarretou uma redução no tempo de ciclo final do trabalho nesta etapa.

3.4.2.2. Aplicação do programa 5S

A empresa contratada para a execução da obra objeto de estudo deste artigo já possuía um programa 5S implantado. Nesta obra, o conceito dos cinco sentidos foi reforçado, ocorrendo treinamentos e nos diálogos de obra semanais (DO) sobre o assunto. Foi criado também um dispositivo visual para ser afixado na obra, denominado “Sinaleira”. Esta, por sua vez, foi fixada no mural do canteiro de obras. O objetivo desta ferramenta é a definição de um responsável pela organização e manutenção dos cinco sentidos no canteiro de obra, e promover a exposição do resultado da auditoria a todos os integrantes da obra, gerando assim um maior comprometimento da equipe. Esse indicador era obtido através da auditoria na frente de trabalho, de acordo com o check list do quadro 10. Com a implantação desta ferramenta, foi possível uma melhora dos espaços nas frentes de serviço e no próprio canteiro de obras. A filosofia do 5s é um sistema organizador, mobilizador e transformador de pessoas e

organizações. Assim como as filosofias just in time (no tempo certo), kaizen (melhoria contínua), controle de qualidade total e jidoka (autodetecção), o 5s aponta para melhoria do desempenho total da organização (MASIERO, 1996).

Procurou-se, ao longo da obra deixar a ficha de auditoria em local de fácil visibilidade, na entrada do container do canteiro de obras. A auditoria de 5s era realizada por um coordenador de obra (engenheiro civil) e a periodicidade da checagem era mensal.

Não houve grandes dificuldades de implantação desta prática, uma vez que a ferramenta já era conhecida por muitos funcionários, e bastou o reforço dos conceitos junto à equipe da obra. Porém, a manutenção da organização das áreas de trabalho era dificultada pelo fato dos espaços de trabalho na obra serem a céu aberto, sem cercas ou delimitações. A área de trabalho da obra contava diariamente com a presença dos moradores da rua que de uma forma ou outra interferiram na organização dos materiais e na manutenção dos cinco sentidos, seja depositando lixo na rua, interferindo na sequência de trabalho ou simplesmente depositando materiais na frente de suas casas. Não havia, contudo, nenhuma ação realizada junto à comunidade por parte da empresa Alfa. Uma sugestão de melhoria futura seria a realização de um trabalho de conscientização dos moradores.

Quadro 09 – Painel de sinaleira 5s implantado na obra

FICHA DE CONTROLE DE AUDITORIAS																																			
Unidade: PAVIMENTAÇÃO [1] GERAL DA OBRA Data: 01/out																																			
RESPONSÁVEL PROGRAMA 5S NO SETOR  Encarregado A	PROGRAMA 5s  EU ACREDITO NESTA IDÉIA ! LOGOMARCA	RESULTADOS AUDITORIAS <table border="1"> <thead> <tr> <th>AUDITORIA 1</th> <th>AUDITORIA 5</th> <th>AUDITORIA 9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ago-14</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>64</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>AUDITORIA 2</th> <th>AUDITORIA 6</th> <th>AUDITORIA 10</th> </tr> <tr> <td>set-14</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>79</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>AUDITORIA 3</th> <th>AUDITORIA 7</th> <th>AUDITORIA 11</th> </tr> <tr> <td>out-14</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>81</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th>AUDITORIA 4</th> <th>AUDITORIA 8</th> <th>AUDITORIA 12</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	AUDITORIA 1	AUDITORIA 5	AUDITORIA 9	ago-14			64			AUDITORIA 2	AUDITORIA 6	AUDITORIA 10	set-14			79			AUDITORIA 3	AUDITORIA 7	AUDITORIA 11	out-14			81			AUDITORIA 4	AUDITORIA 8	AUDITORIA 12			
AUDITORIA 1	AUDITORIA 5	AUDITORIA 9																																	
ago-14																																			
64																																			
AUDITORIA 2	AUDITORIA 6	AUDITORIA 10																																	
set-14																																			
79																																			
AUDITORIA 3	AUDITORIA 7	AUDITORIA 11																																	
out-14																																			
81																																			
AUDITORIA 4	AUDITORIA 8	AUDITORIA 12																																	
INDICADORES PROGRAMA 5S 		INDICADORES PROGRAMA 5 S RANKING  100 a 80 pontos 79 a 60 pontos <60 pontos																																	

Quadro 10 – Check list de auditoria na obra

LISTA DE VERIFICAÇÃO PROGRAMA 5S		
UNIDADE:	<input type="text" value="Pavimentação"/>	LÍDER 5S DA ÁREA: <input type="text" value="ENCARREGADO B"/>
SETOR:	<input type="text" value="Container Obra Y"/>	DATA: <input type="text" value="agosto-14"/>
TIPO DA AVALIAÇÃO:	<input checked="" type="checkbox"/> Auditoria <input type="checkbox"/> Vistoria	AUDITOR: <input type="text" value="COORDENADOR B"/>
NOTA	CONCEITO	DESCRIÇÃO
0	Ruim	Nenhum item atende ao padrão estabelecido (Acima de duas ocorrências)
2	Regular	Poucos itens atendem ao padrão estabelecido (Até duas ocorrências)
4	Bom	Muitos itens atendem ao padrão estabelecido (nenhuma ocorrência)
<p><i>Preencha a "Lista de verificação", observando os critérios definidos na legenda acima:</i> Caso algum item não seja aplicado, coloque NA na coluna de avaliação (será desconsiderado da média)</p>		
ITENS	AVALIAÇÃO	EVIDÊNCIAS <small>(INSERIR EVIDÊNCIAS SEMPRE QUE A NOTA FOR MENOR QUE 4)</small>
SENSO DE UTILIZAÇÃO (DESCARTE)		
2,4		
1	Existem materiais, ferramentas e equipamentos desnecessários nos locais de trabalho.	Amostra de óleo sobre armário
2	Os equipamentos e materiais estão em bom funcionamento.	Extintores vazios aguardando recarga/filtro ar cond.
3	Existe quantidade de material excedente no setor	Cabos de aço depositados no container
4	Há papéis, dados, informações desnecessários nos locais de trabalho.	Excesso de papéis velhos sobre a mesa do apontador
5	Os murais e arquivos estão atualizados	
SENSO DE CLASSIFICAÇÃO		
3,3		
6	Materiais (material de expediente e de consumo) têm lugares definidos e estão nos devidos lugares, de forma adequada e segura.	
7	Materiais de uso constante estão próximos do local de trabalho e cada qual no seu devido lugar.	Excesso de papéis sobre as mesas/placa no chão.
8	Os recipientes de coleta de resíduos (lixo) estão identificados, são corretamente utilizados e a quantidade existente é suficiente para o ambiente.	Sem identificação
9	A organização física do local de trabalho (layout) reflete ordem e sistematização e contribui para o aumento da produtividade.	
10	A padronização visual é facilmente identificada. (Arquivos, quadros, murais, sinalização)	
11	Documentos e Registros (físicos e eletrônicos) têm lugares definidos e estão nos devidos lugares, de forma adequada e segura.	
SENSO DE LIMPEZA		
2,5		
12	A área está isenta de excesso de pó, água, poeira, gordura, pontas de cigarro, papéis e/ou outros detritos deixados no chão, nos cantos, junto às divisórias ou atrás dos móveis.	Limpeza geral do container
13	Não há defeitos na pintura das paredes, em máquinas, em tubulações, nos pisos, nos armários e nas janelas.	Porta sem pintura
14	Os equipamentos, ferramentas e materiais estão limpos e bem conservados.	Ferramentas sujas armazenadas no container
15	Os colaboradores participam da limpeza do local de trabalho.	
SENSO DE SAÚDE		
2,0		
16	O ambiente de trabalho é agradável e harmônico (ver ruído, iluminação, ventilação, etc)	Ruído/umidade parte inferior paredes
17	Todos os funcionários estão com seus ASO's em dia e aptos a trabalhar.	
18	As instalações elétricas estão em bom estado (exposta)?	Fios da rede expostos/fios expostos luminária
19	Existem EPC's (Equipamento de Proteção Coletiva) adequados e em uso.	
SENSO DE AUTO-DISCIPLINA		
2,6		
20	Os Colaboradores cumprem o senso de Utilização.	2,4
21	Os Colaboradores cumprem o senso de Classificação.	3,3
22	Os Colaboradores cumprem o senso de Limpeza.	2,5
23	Os Colaboradores cumprem o senso Saúde.	2,0
META 80%		TOTAL GERAL
		2,6
		64%
Observações e Considerações Gerais do(s) Auditor(es) / Vistoriador (es)		

3.4.2.3. Implantação de dispositivo poka-yoke

Um dos poka-yokes utilizados na obra foi constituído por um gabarito de madeira para marcação de terraplenagem e ajuste do seu nível em relação à marcação topográfica. A etapa de terraplenagem é executada a partir desta marcação topográfica da via, a qual normalmente ocorre com a indicação da altura do meio-fio da via acabado. A conferência da escavação é feita por um ajudante, que mede a altura da escavação final com trena e orienta o operador do equipamento que faz a escavação. Esta atividade depende da habilidade do funcionário que mede e da correta leitura ao descontar a espessura das várias camadas de material que compõem a estrutura de pavimento da via. Na obra estudada, a estrutura do pavimento é composta por 7 cm de CBUQ e 25 cm de brita graduada. Somadas estas alturas à uma altura de espelho de meio-fio de 15 cm acima do asfalto pronto, há uma altura total de 42 cm, abaixo da marcação topográfica onde deve ser realizada a escavação final do subleito da via.

Com o objetivo de reduzir tempo de execução da marcação e evitar o erro de altura na conferência com a trena, desenvolveu-se um gabarito onde foi pintada de azul a altura da marcação de escavação, em relação à altura da linha da marcação topográfica. Com este gabarito, o greidista⁸ marca e confere a altura final de escavação para o operador da motoniveladora sem o auxílio de trena, evitando o erro humano. Para facilitar a leitura, foi marcada a letra “E” de escavação do lado do gabarito.



Figura 23 e 24 – À direita e à esquerda, exemplos de utilização de poka-yoke para evitar os erros de cota no greide de terraplenagem final da pista.

⁸ Greidista – função dada à operário que auxilia o equipamento Motoniveladora, indicando as alturas de aplicação das camadas de materiais.

Outro exemplo de poka-yoke usado na obra foi a criação de gabarito para o ajuste final da altura da Brita Graduada aplicada na pista. Análogo ao gabarito que foi montado para a execução da terraplanagem da via foi elaborado no mesmo sarrrafo, na outra extremidade, uma pintura cor amarela para a conferência da altura final de execução da base de brita graduada, pintada em amarelo e marcada com a letra “B” de base de brita graduada.



Figura 25 e 26 – À direita e à esquerda, ferramenta de poka-yoke implantada para evitar os erros de cota e espessura na aplicação de brita graduada.

Em similaridade ao funcionamento do anterior, este dispositivo poka-yoke implantado nesta etapa também pode ser classificado como de Advertência.

Os ganhos com a implantação destes dispositivos estão ligados aos seguintes princípios da construção enxuta (KOSKELA, 1992):

- Aumento de valor através da análise das necessidades do cliente: um erro na altura da base de brita graduada e na camada de asfalto não agrega valor ao cliente e gera desperdício. Uma espessura menor que a de norma, porém, torna o produto final indesejável e inaceitável aos olhos do cliente. O sistema de poka-yoke diminui este erro e ajuda a atingirmos o ponto que agrega valor ao cliente final.
- Melhoria Contínua do processo: a utilização de uma ferramenta que ajuda a diminuir a variabilidade do processo auxilia na sua melhoria contínua, através do estabelecimento de parâmetros de tolerância cada vez mais rígidos.

- Aumento da flexibilidade de execução do produto: a utilização desta ferramenta promoveu o auxílio no combate à incerteza existente no processo de produção e uma melhor adequação do produto aos requisitos do cliente.

3.4.2.4. Utilização de andon para alerta de anormalidades ao encarregado

Um dos equipamentos de utilização diária na obra e que é multitarefa é a retroescavadeira. Esse equipamento foi usado para diversos fins, dentre eles: a) execução da rede de drenagem, b) execução de escavação da via c) execução das caixas de inspeção pluvial e bocas de lobo d) execução de assentamento de meio-fio e) transporte de material e apoio na obra f) limpeza da frente de trabalho. Assim, a falta deste equipamento tem um impacto muito grande no andamento dos trabalhos. Neste equipamento foi instalada uma sirene sonora e luminosa, acionada pelo operador da máquina através de um botão no painel, em todos os momentos em que havia dúvidas para a continuidade dos trabalhos ou algum problema no equipamento, de forma a permitir que o encarregado da obra fosse até o equipamento para solucionar o problema. Os acionamentos mais comuns eram em função de dúvidas de projeto para a execução dos trabalhos ou definição das próximas atividades a serem executadas. A comunicação visual também foi utilizada para situações em que a equipe de manutenção precisava ser acionada. Esse contato com a equipe de apoio de manutenção era feito pelo encarregado da obra. O dispositivo mostrou-se eficiente nesta obra, por se tratar de obra de pequeno a médio porte, em função das distâncias das áreas de atuação e trabalho não serem grandes. Em obras de infraestrutura viária de maior porte, este tipo de solução pode ser menos eficiente por apresentar uma menor visibilidade em uma área de atuação maior. Os motivos de paradas e acionamento do sistema eram registrados pelo encarregado da frente de serviço. Os motivos mais comuns de acionamento do sistema e paradas eram por conclusão do trabalho naquela frente de serviço e dúvidas do operador na próxima atividade a ser executada.



Figura 27 e 28 – À direita e à esquerda, sistema de sinalização implantado na retroescavadeira.

Os ganhos obtidos com a utilização desta ferramenta estão diretamente ligados a alguns princípios de Koskela (1992):

- Redução da variabilidade: a redução dos tempos de interrupções de trabalho se deu através da comunicação ágil do operador do equipamento com o encarregado da frente de serviço.
- Transparência do processo: a ferramenta de comunicação do operador da máquina com o encarregado contribuiu para o esclarecimento de dúvidas com relação ao projeto e com relação ao próximo passo de execução do planejamento. Esta interação do encarregado com o operador promoveu uma transparência maior das atividades a serem executadas.

3.4.2.5. Melhora no fluxo de entrega de materiais na obra

Foi desenvolvido, quando do início da obra, o planejamento de entrega de materiais junto aos fornecedores de tubos de concreto, meio-fio, cimento, aço e areia, de forma que os materiais foram entregues em datas próximas as datas de real aplicação do material na frente de trabalho. Além disso, os materiais eram descarregados o mais próximo possível das frentes de serviço onde seriam aplicados. Com isso, foram evitadas perdas por transporte de material dentro do canteiro de obras. Essa prática reduziu também o inconveniente de gerir estoque destes materiais em uma obra com a área física pequena. Na prática, uma das dificuldades enfrentadas ainda foi o atraso nas entregas de alguns materiais. Com relação à entrega dos

artefatos de concreto houve uma melhora significativa, sendo que não se percebeu atrasos. A empresa que forneceu estes materiais no primeiro trabalho (FREITAS; 2015a) foi a mesma empresa selecionada para o fornecimento dos artefatos de concreto nesta segunda obra estudada, e percebe-se a melhora. Houve uma resistência em obter um comprometimento maior com relação às datas de entrega nos casos em que as empresas contratadas tinham um porte maior.

A entrega de acordo com a utilização exigiu também um bom planejamento das áreas de descarga. O meio-fio, por exemplo, era descarregado já ao longo da frente de trabalho onde seria utilizado. Esta proximidade da descarga com o local de trabalho oferecia maior risco ao funcionário. No caso do meio fio, a prática da descarga da peça no sentido vertical para depois tombá-lo no sentido horizontal, adotada pelo pessoal da obra mostrou-se bastante arriscada. O mesmo planejamento de descarga ocorreu no caso das tubulações de concreto. A proximidade da descarga com a vala também oferecia risco adicional ao funcionário, exigindo um maior cuidado na posição e forma de descarga, pois algum tubo poderia deslocar-se e cair dentro da vala. Isto pode ser fonte de instabilidade.



Figuras 29 e 30 – Material descarregado e aplicado diretamente na frente de trabalho

Análogo ao planejamento e a programação que havia sido implantada no caso das entregas dos materiais da categoria de artefatos de concreto, a brita graduada necessária para a execução do pavimento também foi aplicada diretamente na pista, na hora correta da aplicação e do seu espalhamento, sem a criação de estoque regulador dentro do canteiro da obra. Com isso, foi evitado o duplo manuseio do material, que acabaria ocorrendo com perda e/ou contaminação do próprio material com sujeira da pista. Haveria também, no caso do duplo manuseio, um custo adicional de equipamento (retroescavadeira e caminhão) para a

realização deste transporte internamente à obra, que popularmente chamamos na obra de “segundo tombo”. Este conceito aplicado está diretamente ligado a alguns princípios da construção enxuta (KOSKELA, 1992), tais como:

- Redução de parcela das atividades que não agregam valor ao produto final: com a aplicação direta do material, atividades de transporte interno que em nada contribuem para o produto final foram eliminadas do processo;
- Redução do tempo de ciclo de produção: com o dimensionamento correto da frota de transporte de material, o tempo total de produção é reduzido em função de uma melhor utilização do equipamento de aplicação do material (motoniveladora);
- Simplificação do processo através da redução do número de passos ou partes: a redução ou eliminação do trabalho de transporte interno simplifica o processo de aplicação da brita graduada na pista.

Para que fosse possível esta aplicação direta do material, foi necessária a utilização de caminhões dedicados exclusivamente a esta obra. Para esta finalidade, a empresa fez uso de sua frota própria de caminhões, descartando a utilização de caminhões terceirizados (freteiros) para a entrega do material. Estes transportadores terceirizados tem uma baixa confiabilidade no atendimento, sendo que quando eles são utilizados para o transporte, o estoque de material regulador interno à obra acaba sendo menos danoso ao processo do que a falta de material na frente de trabalho na hora correta. Outro fator determinante para a utilização da base de brita graduada aplicada diretamente na pista foi um planejamento de ataque da obra, sendo que o pavimento ocorria em trechos sequenciais e no sentido do estaqueamento da via.

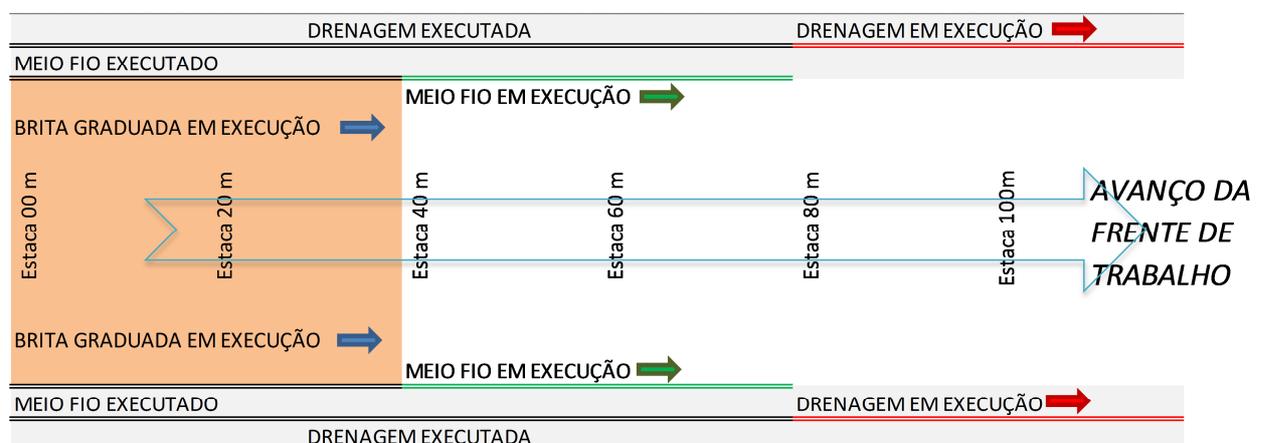


Figura 31 – Esquema de avanço dos trabalhos e distribuição do material na via



Figura 32 – Brita graduada sendo descarregada e aplicada diretamente na pista

3.4.3. Mapa de Fluxo de Valor (MFV)

No MFV, a linha de tempo abaixo das caixas de dados registra o lead time de produção, bem como os tempos que agregam valor e os tempos de espera ou desperdício.

O lead time de produção para a execução de 100 m de pista foi de **20,60 dias** e o tempo de agregação de valor foi **de 15,70 dias**. Com isso, percebe-se que **76,21%** do lead time para pavimentar 100m de pista agrega valor para o cliente final. Porém, no caso de obras de infraestrutura, o tempo real de agregação de valor é menor, uma vez que o tempo de trabalho das equipes e dos equipamentos é menor que o apurado. Perdas por espera, por falta de serviço de determinado equipamento em determinado momento e por mau tempo ocorrem ao longo dos trabalhos. Além disso, as máquinas disponíveis não operam 100% do tempo.

MAPA DE FLUXO DE VALOR ATUAL -100 M DE PISTA DE ROLAGEM PRONTA OBRA RUA Y

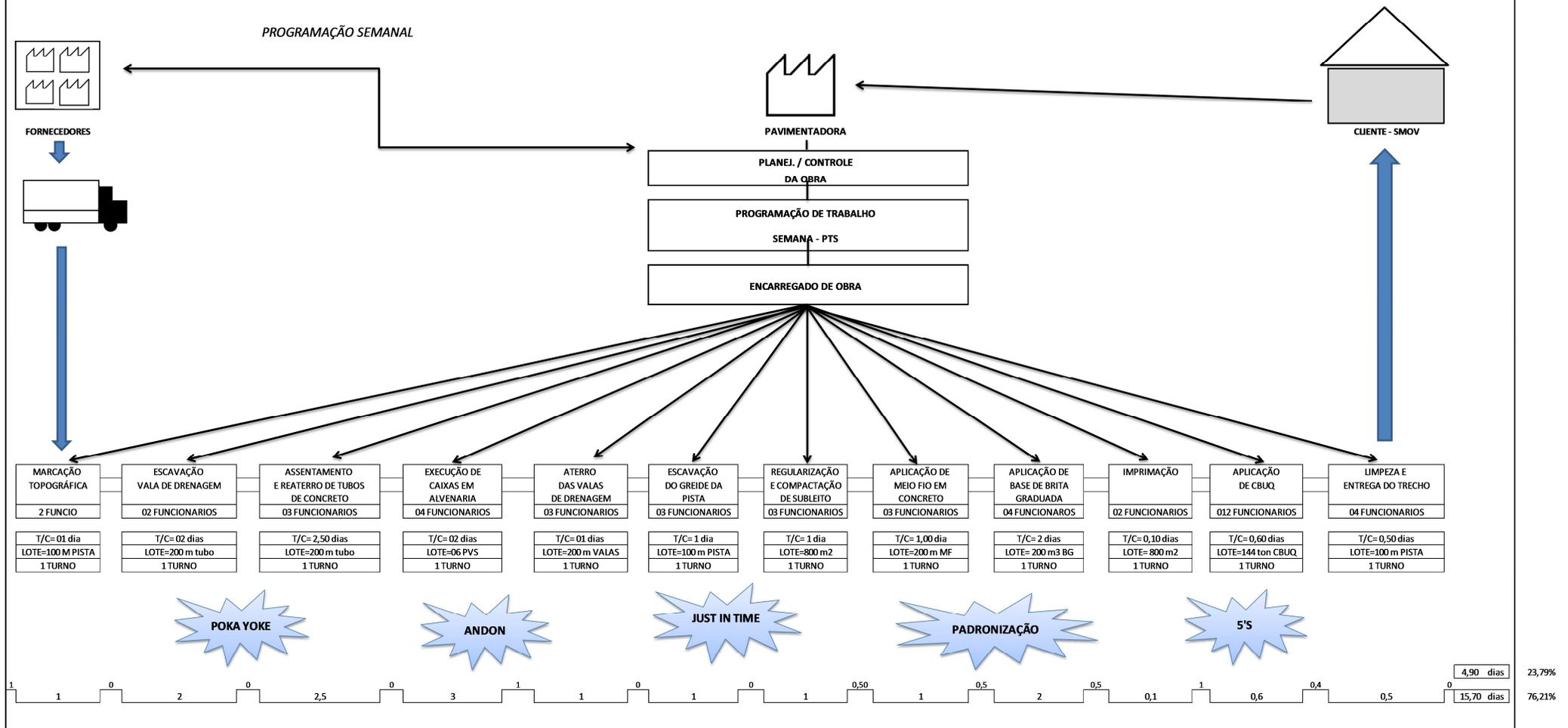


Figura 33 - Mapa de Fluxo de Valor Atual da Rua Y

3.4.4. Avaliação da estabilidade dos indicadores relacionados aos 4M

O quadro 11 apresenta os elementos de produção que compõem cada etapa do fluxo de valor para a obra de infraestrutura e pavimentação da Rua Y. Atividades que não necessitam de materiais, tiveram sua respectiva célula anulada.

Quadro 11 - Elementos associados aos 4M em cada etapa do Fluxo de Valor

4 M	Mão de obra	Materiais	Máquinas/ Equipamentos	Método/ Procedimento
Etapas				
Marcação topográfica	1 Topografo 1 Ajudante Total 02 funcionarios		Estação total	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Escavação valas de drenagem	1 Operador maq. 1 Greidista Total 02 funcionarios		Retroescavadeira	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Assentamento tubos	1 Operador maq. 1 Pedreiro 1 Servente Total 3 funcionarios	Tubos de concreto Cimento Areia Brita	Retroescavadeira	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Execução de Poços de Visita para Drenagem Pluvial (PV)	1 Operador maq. 2 Pedreiro 1 Servente Total 4 funcionarios	Pedra granito Cimento Areia Brita Aço	Retroescavadeira Betoneira	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Aterro das valas	1 Operador maq. 2 Serventes Total 3 funcionarios		Retroescavadeira Compactador manual	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Escavação da pista	1 Operador maq. 1 motor. basculante 1 Greidista Total 03 funcionarios		Escavadeira Hidraulica Caminhão Basculante	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Regularização e compactação de subleito	1 Operador maq. 1 Operador de rolo 1 Motorista de pipa Total 03 funcionarios		Motoniveladora G940 Rolo Bomag BW2012 Caminhão Pipa 18000l	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Assentamento de meio-fio em concreto	1 Operador maq. 1 Pedreiros 1 Servente Total 3 funcionarios	Meio-fio em concreto Cimento Areia	Retroescavadeira	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Aplicação de BG	1 Operador maq. 1 Operador de rolo 1 Motorista de pipa 1 Greidista Total 04 funcionarios	Brita Graduada	Motoniveladora G940 Rolo Bomag BW2012 Caminhão Pipa 18000l	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Imprimação	1 Motorista pincheira 1 Ajudante Total 2 funcionarios	CM-30	Pincheira	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Aplicação de CBUQ	8 rastilheiros 1 operador de vibro 1 ajudante de vibro 1 operador de rolo de pneu 1 operador de rolo chapa 12 funcionários	CBUQ	Vibroacabadora Rolo de pneu Rolo chapa duplo tander	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001
Limpeza e entrega do trecho	1 Operador maq. 3 Serventes Total 4 funcionarios		Retroescavadeira	Conforme Instrução de Trabalho da empresa ISO9001

3.4.4.1. Avaliação da estabilidade da mão-de-obra

Esta obra contou com uma equipe de 17 funcionários em seu pico máximo. A equipe de asfalto foi alocada ao final da obra apenas no momento de aplicação de CBUQ. As funções de operários alocadas neste projeto são ilustradas no quadro 12.

Quadro 12 – Funcionários alocados ao longo da obra

QUADRO DE FUNCIONÁRIOS DA OBRA		
ITEM	FUNÇÃO	N. DE FUNCIONÁRIOS
1	ENCARREGADO DE OBRA	1
2	TOPÓGRAFO	1
3	AUXILIAR TOPOGRAFIA	1
4	OPERADOR DE RETROESCAVADEIRA	1
5	OPERADOR DE MOTONIVELADORA	1
6	OPERADOR DE ROLO COMPACTADOR	1
7	MOTORISTA BASCULANTE	1
8	MOTORISTA DE CAMINHÃO PIPA	1
9	GREIDISTA	1
10	PEDREIRO	1
11	SERVENTE	3
12	OPERADOR DE VIBROACABADORA	1
13	OPERADOR DE ROLO DE PENEU	1
14	AXILIAR DE VIBROACABADORA	1
15	RASTILHEIRO	1
TOTAL OBRA		17

Não houve faltas ou atrasos dos funcionários alocados no projeto no período da obra, em nenhum dia. Desta forma, o indicador de absenteísmo foi de 0%. Quanto à rotatividade, houve em todo o período de obra a troca de um único funcionário, o que acarretou índice de rotatividade em outubro. Esta troca foi por problema de saúde, e foi na função Operador de Retroescavadeira. Os dados necessários para os cálculos destes indicadores foram obtidos junto aos setores de recursos humanos da empresa, e tem origem no fechamento no cartão ponto dos funcionários. O período analisado foi o período da obra, de 01/08/2014 a 05/10/2014.

Tabela 08 – Rotatividade de pessoal ocorrida na obra (demissões e contratações)

ÍNDICE DE ROTATIVIDADE IR(%)			
MÊS	TOT FUN	TOT MOV	ROTAT(%)
AGOSTO DE 2014	6,00		0,00%
SETEMBRO DE 2014	12,00	1,00	8,33%
OUTUBRO DE 2014	17,00		0,00%

$$Índice de Rotatividade(IR) = \left\{ \frac{(N^{\circ} \text{admissões(mês)} + N^{\circ} \text{demissões(mês)})}{2} \right. \\ \left. \frac{N^{\circ} \text{empregados(finaldomêsanterior)}}{N^{\circ} \text{empregados(finaldomêsanterior)}} \cdot 100 \right\}$$

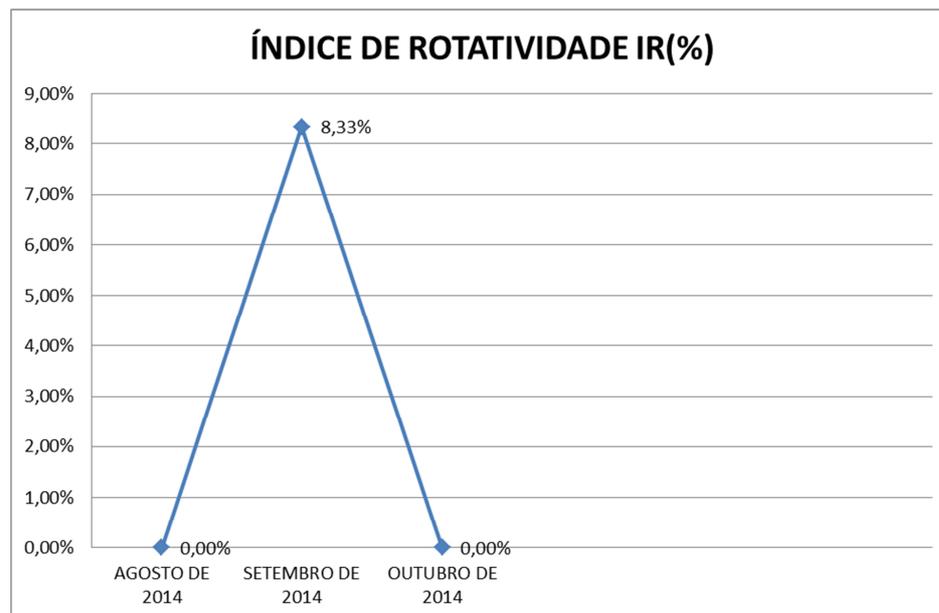


Figura 34 – Gráfico do índice de rotatividade no período da obra.

Tabela 09 – Análise de Estabilidade e Capacidade dos indicadores de Mão de Obra

AVALIAÇÃO DE ESTABILIDADE E CAPACIDADE DOS INDICADORES DE MO

Mês de análise	Absenteísmo (IA)	Rotatividade (IR)
Agosto de 2014	0,00%	0,0%
Setembro de 2014	0,00%	8,3%
Outubro de 2014	0,00%	0,0%
Limite teórico inferior	0,0%	0,0%
limite teórico superior	100,0%	100,0%
Mínimo	0,00%	0,0%
Primeiro quartil	0,00%	0,0%
Mediana	0,00%	0,0%
Terceiro quartil	0,00%	4,2%
Máximo	0,00%	8,3%
Amplitude interquartílica	0,00%	4,2%
Estimativa robusta de média	0,00%	0,0%
Estimativa robusta de desvio padrão	0,00%	5,6%
Limite natural de variação inferior	0,00%	0,0%
Limite natural de variação superior	0,00%	16,7%
Teste de estabilidade	ESTÁVEL	ESTÁVEL
Limite inferior aceitável	0,00%	0,00%
Limite superior aceitável	3,00%	3,0%
Teste de capacidade	CAPAZ	NÃO CAPAZ

A melhora percebida neste indicador, em relação à obra investigada por Freitas (2015a), ocorreu em função dos seguintes pontos:

- Esta obra é de um tamanho menor que a obra analisada no primeiro trabalho (FREITAS, 2015a), e com uma quantidade de operários também um pouco menor (17 operários no pico contra 19 operários na obra da rua X), sendo mais fácil o gerenciamento e a conscientização do pessoal;
- Diferentemente da obra anterior, nesse caso havia premiação para os funcionários que não tiveram falta, atrasos ou atestados através de uma cesta básica de alimentos fornecida mensalmente;
- Conscientização do pessoal do campo através do Diálogo de Obra diário com assuntos de interesse do dia. Este diálogo consistia em uma conversa de 15 minutos para alinhamento da obra. Na primeira obra analisada (FREITAS, 2015a), este diálogo existia, porém sua frequência era menor e por vezes nem mesmo ocorria.
- Uma proximidade maior da gerencia da obra com os funcionários, com diálogos e intervenções periódicas junto ao pessoal de campo, principalmente por conta da realização deste artigo. Isto influenciou no comportamento do pessoal da obra;

Quanto ao indicador de rotatividade, este ainda demonstrou-se incapaz de atender os limites impostos pela alta direção da empresa. Os limites máximos deste indicador deveriam ser reavaliados pela direção e seu valor de teto máximo elevado para mais de 3%, pois a realidade deste indicador na Construção Civil é bem maior do que este parâmetro adotado internamente na empresa. Valores de referencia disponibilizados pelo NORIE (2010) para empresas da construção civil são de 8,3%.

3.4.4.2. Avaliação da estabilidade dos materiais

Conforme citado no trabalho de Freitas (2015a), todos os fornecedores de materiais e serviços que são considerados críticos para o processo da empresa e da obra são avaliados através de Check List de Avaliação de Fornecedores. Os fornecedores críticos destacados na obra objeto deste estudo são relacionados no quadro 13.

Quadro 13 – Índice de avaliação dos fornecedores realizado semestralmente

ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES - QUADRO RESUMO DE FORNECEDORES CRÍTICOS

ITEM	O QUE AVALIAM	EMPRESA	FORNECEDOR A	FORNECEDOR B	FORNECEDOR C	FORNECEDOR D	FORNECEDOR E
		MATERIAL	TUBOS CONCRETO	AREIA	AÇO	PEDRAS	CIMENTO
1	1. A empresa possui Sistema de Gestão da Qualidade Certificado?		SIM	NÃO	SIM	NÃO	SIM
2	2. Possui Laudo/Certificado dos produtos/Serviços? Caso sim, anexar cópia.		SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM
3	3. Tem capacidade para atendimento das quantidades solicitadas ou previstas?		SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
4	4. Tem potencial para atendimento em casos de urgência de necessidade de material/serviço?		SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
5	5. Os funcionários recebem treinamento para as atividades que desempenham?		SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
6	6. As condições de fornecimento (preços, cond. pagamento, prazos de entrega) ofertados estão de acordo com a necessidade?		SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
7	7. O produto a ser fornecido atende as especificações técnicas descritas na Lista de Produtos e Serviços Críticos?		SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
8	8. CNPJ sem restrições no Serasa?		SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
ÍNDICE DE AVALIAÇÃO DE FORNECEDOR			10	7	10	6	10

Quando da contratação destes fornecedores, foi estabelecido o cronograma de entrega de material com cada um e foi definida a antecedência necessária para cada confirmação de entrega.

A avaliação do fornecedor e da qualidade do material entregue é feita a cada entrega de material na obra. Esta avaliação é feita através da ficha de **Inspecção de Fornecedores e Produtos**, preenchida pelo almoxarife ou apontador a cada entrega (Quadro 14).

Quadro 14 – Exemplo de Ficha de Inspecção de Fornecedor de Produto preenchida a cada entrega.

INSPEÇÃO DE FORNECEDORES DE PRODUTO												
Unidade:	OBRA RUA Y		Data da Entrega: 26/08/2014									
Fornecedor:	COMERCIAL DE AREIA VENCEDORA											
Nota Fiscal Nº:	78											
Insumo:	AREIA MÉDIA											
ITENS DE REAVALIAÇÃO			S	N								
1.	Preço de acordo com o Pedido	X										
2.	Prazo/horário de entrega conforme previsão	X										
3.	Quantidade entregue conforme nota fiscal	X										
4.	Qualidade inspeção visual conforme padrão		X									
5.	Transporte adequado conforme entrega	X										
Total		4	1									
Data da Avaliação: 01/11/2012			Observações / Ações corretivas / Causas:									
Avaliadores: APONTADOR B			AREIA DE COR ESCURA, COM MUITA MATÉRIA ORGÂNICA									
			Legenda:	<table border="1"> <tr> <td>S:</td> <td>Sim</td> <td>Nota</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>N:</td> <td>Não</td> <td>Nota</td> <td>0</td> </tr> </table>	S:	Sim	Nota	2	N:	Não	Nota	0
S:	Sim	Nota	2									
N:	Não	Nota	0									
			Notal Final	8								

Com base nas entregas dos materiais dos fornecedores aprovados que ocorreram ao longo da obra, elaborou-se um quadro de eficiência de cada entrega realizada, de acordo com a ficha de inspeção apresentada no quadro 14. Foi estabelecido um percentual de 100% de eficiência para nota 10, 80% de eficiência para nota 8 e assim por diante. Os resultados são apresentados no quadro 15. Nota-se uma grande melhora nos prazos e na qualidade de entrega dos materiais. Porém, ainda que em menor número do que o ocorrido na primeira obra analisada (FREITAS, 2015a), desvios foram verificados. Percebe-se que problemas de quantidade de qualidade do material são problemas crônicos enfrentados quando os materiais são adquiridos de empresas pequenas e tem origem em depósitos de jazidas naturais, como por exemplo, a areia. Em empresas de maior porte e no ramo da indústria, percebe-se um comprometimento maior com a quantidade e a qualidade do material entregue, porém ainda deixam a desejar no prazo de entrega.

Quadro 15 – Resumo do desempenho dos fornecedores na obra.

QUADRO RESUMO DE INSPEÇÃO DE PRODUTOS ENTREGUES

DATA ENTREGA	FORNECEDOR	MATERIAL	NOTA INSPEÇÃO	%	MOTIVO PERDA PONTOS
01/08/2014	FORNECEDOR A	TUBOS DE CONCRETO DN 300	10	100%	
02/08/2014	FORNECEDOR A	TUBOS DE CONCRETO DN 300	10	100%	
06/09/2014	FORNECEDOR A	MEIO-FIO DE CONCRETO	10	100%	
11/09/2014	FORNECEDOR A	MEIO-FIO DE CONCRETO	10	100%	
01/08/2014	FORNECEDOR B	AREIA MÉDIA	8	80%	QUANTIDADE
26/08/2014	FORNECEDOR B	AREIA MÉDIA	8	80%	QUALIDADE
15/09/2014	FORNECEDOR B	AREIA MÉDIA	10	100%	
25/09/2014	FORNECEDOR B	AREIA MÉDIA	10	100%	
05/08/2014	FORNECEDOR C	VERGALHÃO GG 50	8	80%	ATRASO NA ENTREGA
04/08/2014	FORNECEDOR D	PEDRAS DE GRANITO	10	100%	
01/09/2014	FORNECEDOR D	PEDRAS DE GRANITO	10	100%	
02/08/2014	FORNECEDOR E	CIMENTO CP-IV	10	100%	
10/09/2014	FORNECEDOR E	CIMENTO CP-IV	8	80%	ATRASO NA ENTREGA

Tabela 10 – Análise de Estabilidade e Capacidade dos materiais.

AVALIAÇÃO DE ESTABILIDADE E CAPACIDADE DOS MATERIAIS ENTREGUES		
Material entregue	Data da entrega	Nota final
TUBOS DE CONCRETO DN 300	01/08/2014	100%
TUBOS DE CONCRETO DN 300	02/08/2014	100%
MEIO-FIO DE CONCRETO	06/09/2014	100%
MEIO-FIO DE CONCRETO	11/09/2014	100%
AREIA MÉDIA	01/08/2014	80%
AREIA MÉDIA	26/08/2014	80%
AREIA MÉDIA	15/09/2014	100%
AREIA MÉDIA	25/09/2014	100%
VERGALHÃO GG 50	05/08/2014	80%
PEDRAS DE GRANITO	04/08/2014	100%
PEDRAS DE GRANITO	01/09/2014	100%
CIMENTO CP-IV	02/08/2014	100%
CIMENTO CP-IV	10/09/2014	80%
Limite teórico inferior		0,0%
limite teórico superior		100,0%
Mínimo		80,00%
Primeiro quartil		80,00%
Mediana		90,00%
Terceiro quartil		100,00%
Máximo		100,00%
Amplitude interquartilica		20,00%
Estimativa robusta de média		90,00%
Estimativa robusta de desvio padrão		26,67%
Limite natural de variação inferior		10,00%
Limite natural de variação superior		100,00%
Teste de estabilidade		ESTÁVEL
Limite inferior aceitável		80,00%
Limite superior aceitável		100,00%
Teste de capacidade		CAPAZ

3.4.4.3. Avaliação da estabilidade das Máquinas

De acordo com os dados apresentados na tabela 11 e na figura 37, a disponibilidade média dos equipamentos que operaram nesta frente de serviço, ao longo dos dois meses de execução da obra, foi de 89,49%, enquanto a meta estabelecida no sistema de gestão da empresa é de 80%. A disponibilidade manteve-se ESTÁVEL e CAPAZ.

Tabela 11 - Disponibilidade média dos equipamentos analisados no período da obra.

DISPONIBILIDADE DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA OBRA DE 01/08/2014 A 05/10/2014

CODIGO	EQUIPAMENTO	HORAS AGOSTO DE 2014			HORAS SETEMBRO DE 2014			HORAS OUTUBRO DE 2014		
		Totais mês (h)	Desvio (h)	Disponib (h)	Totais mês (h)	Desvio (h)	Disponib (h)	Totais mês (h)	Desvio (h)	Disponib (h)
BW21201	ROLO CA-25							126,00	2,50	98,02%
BW21203	ROLO BOMAGUE 212				14,50	0,40	97,24%			
CB14VW02	CAMINHÃO BASCULANTE TRUCADO	31,90	1,30	95,92%	21,20	0,80	96,23%	37,50	2,60	93,07%
CB14VW03	CAMINHÃO BASCULANTE TRUCADO	9,50	0,50	94,74%	30,80	1,10	96,43%	24,20	1,10	95,45%
CB14VW04	CAMINHÃO BASCULANTE TRUCADO				10,10	0,40	96,04%	119,00	10,20	91,43%
CB14VW06	CAMINHÃO BASCULANTE TRUCADO	112,60	6,40	94,32%	171,80	11,50	93,31%	49,10	1,00	97,96%
CC14201	ROLO LR95 CATERPILLAR	88,70	2,30	97,41%	218,40	5,40	97,53%	9,90	0,20	97,98%
CP18C01	CAMINHAO PIPA 18 ML				94,80	11,70	87,66%	90,20	5,30	94,12%
CS58002	RETROESCAVADEIRA CASE 580	197,20	49,30	75,00%	185,40	61,10	67,04%	53,20	1,40	97,37%
CS58003	RETROESCAVADEIRA CASE 580	9,90	8,70	12,12%						
G94002	MOTONIVELADORA G940	118,10	6,70	94,33%	63,60	2,20	96,54%	67,20	1,40	97,92%
				DISPONIBILIDADE AGOS	80,55%	DISPONIBILIDADE SET	92,00%	DISPONIBILIDADE OUT	95,92%	

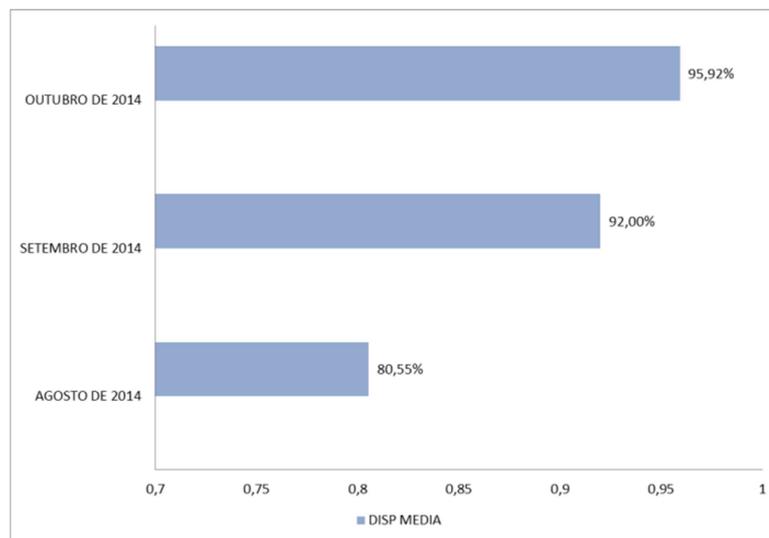


Figura 35 – Gráfico de disponibilidade mensal do conjunto de equipamentos analisados.

Tabela 12 - Análise de Estabilidade e Capacidade dos indicadores de Máquina

AVALIAÇÃO DE ESTABILIDADE E CAPACIDADE DO INDICADOR DE MÁQUINA	
Mês de análise	Disponibilidade
Agosto de 2014	80,55%
Setembro de 2014	92,00%
Outubro de 2014	95,92%
Limite teórico inferior	0,0%
limite teórico superior	100,0%
Mínimo	80,55%
Primeiro quartil	86,27%
Mediana	92,00%
Terceiro quartil	93,96%
Máximo	95,92%
Amplitude interquartílica	7,69%
Estimativa robusta de média	92,00%
Estimativa robusta de desvio padrão	10,25%
Limite natural de variação inferior	61,25%
Limite natural de variação superior	100,00%
Teste de estabilidade	ESTÁVEL
Limite inferior aceitável	80,00%
Limite superior aceitável	100,00%
Teste de capacidade	CAPAZ

Os bons resultados deste indicador ocorrem por conta de uma frota de equipamento nova, com máxima de 2000 horas nos equipamentos que foram utilizados na obra, e um sistema de manutenção preventiva eficiente, implantado na empresa, e controlado via SAP, seguindo rigorosamente o catálogo de verificações do fabricante. Manutenções preditivas, através da coleta e da análise de óleo de motores e bombas, também são executadas com regularidade nos equipamentos da empresa Alfa.

3.4.4.4. Avaliação da estabilidade do Método

Como ação de melhoria para este novo trabalho, adotou-se, antes do início da obra da Rua Y, um treinamento na área de qualidade, direcionado ao coordenador, ao encarregado e ao apontador da obra. O pessoal de campo também foi orientado através dos Diálogos de Obra (DO) semanais específicos para o assunto de qualidade. Estas ações surtiram efeito, pois os resultados das auditorias e avaliações feitas na obra da Rua Y foram superiores aos dados obtidos na análise da primeira obra analisada (FREITAS, 2015a). O quadro 16 reproduz a ficha de verificação da primeira auditoria, realizada na obra no dia 01/09/2014. Quanto à segunda auditoria realizada nesta obra, foram percebidas apenas duas não conformidades, que pelos critérios adotados de pontuação e tolerâncias especificadas na ficha de verificação, não geraram perda na pontuação final do mês.

Diante destas auditorias realizadas, verificou-se uma melhora de desempenho por conta do treinamento do pessoal e do impacto que a realização da auditoria mensal tem na equipe da obra. Assim, observa-se que os dados obtidos na auditoria de verificação tiveram ESTABILIDADE e foram CAPAZES de atender aos parâmetros estabelecidos pela alta direção da empresa.

3.4.4.5. Resumo dos indicadores analisados

O resumo dos resultados obtidos na avaliação da estabilidade e capacidade de cada indicador ligado aos 4M ao final do trabalho é apresentado no quadro 17.

Quadro 17 – Resumo da análise dos indicadores referente aos 4M na obra estudada.

QUADRO RESUMO DOS INDICADORES COLETADOS						
ELEMENTO DE PRODUÇÃO	INDICADOR UTILIZADO	O QUE AVALIA	PERIODICIDADE	META OBRA	RUA Y (FREITAS;2015b)	
					ESTÁVEL	CAPAZ
MÃO DE OBRA	ABSENTÉISMO	ATRASOS FALTAS SAÍDAS ANTECIPADAS	MENSAL	Menor que 3% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	SIM	SIM
	TURN OVER	CONTRATAÇÃO DEMISSÃO	MENSAL	< 3% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	SIM	NÃO
MATERIAL	AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES DE PRODUTOS	DESEMPENHO DO FORNECEDOR A CADA ENTREGA	A CADA ENTREGA	>80% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	SIM	SIM
MÁQUINA	DISPONIBILIDADE	DISPONIBILIDADE EFETIVA DO EQUIPAMENTO	MENSAL	>80% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	SIM	SIM
MÉTODO	PROCEDIMENTO IT	PROCEDIMENTO QUE COMPÕE O TRABALHO REALIZADO	MENSAL	>80% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	SIM	SIM

Percebe-se que as ações adotadas, com base em conceitos da mentalidade enxuta, promoveram uma melhora significativa nos indicadores dos 4M analisados. Todos tiveram os indicadores analisados tiveram ESTABILIDADE. Já no quesito CAPACIDADE, apenas o indicador de rotatividade manteve-se INCAPAZ de atender aos requisitos da direção da empresa. Porém, este indicador está com uma meta bem abaixo da realidade praticada no mercado, e deve ter sua meta repensada.

3.4.4.6. Particularidades das obras de infraestrutura viária que dificultam o uso dos princípios *lean*

Com base na experiência deste trabalho, foi identificado que, além das dificuldades de implantação da mentalidade enxuta encontradas normalmente no setor da construção civil, as obras de infraestrutura viária apresentam barreiras adicionais, quais sejam:

- (i) Dependência das condições climáticas em todas as fases da obra;
- (ii) Grandes extensões horizontais de terreno, o que contribui para aumentar a variabilidade do solo e do subsolo ao longo do percurso da via;
- (iii) Projetos deficientes em investigação das reais condições do subsolo e das interferências existentes onde a rodovia deve ser implantada;
- (iv) Logística de armazenamento e entrega de material na obra, muitas vezes sem um local adequado para estoque;
- (v) Baixa qualificação da mão de obra na frente de serviço;
- (vi) Influência política nos prazos para elaboração de projeto e prazo de execução da obra, no caso de obras públicas;
- (vii) Impossibilidade de isolamento completo da área de trabalho em zona urbana;
- (viii) Influência dos moradores e comunidade local;
- (ix) Variabilidade do terreno.

Cada uma destas particularidades afetam os princípios da produção enxuta, representando dificuldades que devem ser vencidas para uma manutenção de uma mentalidade *lean* neste tipo de obra. O quadro 18 apresenta uma síntese de como cada peculiaridade vai contra o pensamento enxuto, de acordo com os princípios de Liker (2005):

Quadro 18 – Associação de interferências e os 14 princípios de Liker (2005)

PRINCÍPIOS LEAN E BARREIRAS CARACTERÍSTICAS EM OBRAS DE INFRAESTRUTURA E PAVIMENTAÇÃO	
Princípios de Liker	Dificuldades características das obras de infraestrutura
1. Basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo	Influência política nos prazos da obra
2. Usar tecnologia confiável	Projetos deficientes
3. Usar controle visual para que os problemas não fiquem ocultos	Grandes extensões horizontais do terreno/Logística de armazenamento de material
4. Padronizar para melhorar continuamente e capacitar as pessoas	Projetos deficientes/Grandes extensões horizontais do terreno/variabilidade dos trabalhos
5. Parar e resolver problemas	Influência política nos prazos da obra/Influência dos moradores e comunidade local
6. Nivelar a carga de trabalho	Influência dos moradores e comunidade local/variabilidade dos trabalhos
7. Usar sistemas puxados para evitar a superprodução	Influência política nos prazos da obra/Influência dos moradores e comunidade local
8. Criar fluxo contínuo para trazer os problemas à tona	Condições climáticas/variabilidade dos trabalhos
9. Respeitar parceiros e fornecedores incentivando-os a melhorar	Baixa qualificação da mão de obra
10. Desenvolver pessoas e equipes excepcionais	Baixa qualificação da mão de obra
11. Desenvolver líderes que vivam a filosofia e ensinem aos outros	Baixa qualificação da mão de obra
12. Tornar-se uma organização de aprendizagem por meio da reflexão e da melhoria contínua	Baixa qualificação da mão de obra
13. Tomar decisões com consenso e implementá-las com rapidez	Baixa qualificação da mão de obra
14. Ver para compreender a situação	Grandes extensões horizontais do terreno/influência dos moradores e comunidade local/impossibilidade de isolamento da área

3.5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve por objetivo implantar em uma obra de infraestrutura e pavimentação viária algumas ferramentas de gestão da mentalidade enxuta, quais sejam: 5S, padronização de processos, conceitos *just in time* de entrega de materiais na obra, conceito de Andons na comunicação entre a operação do equipamento e o encarregado da frente de serviço e sistema de poka-yoke.

Diante destas ferramentas aplicadas, foi avaliado o cenário produtivo que foi ali implantado, através da análise do **MFV** e da avaliação da **estabilidade** e **capacidade** de indicadores previamente selecionados. Estes indicadores tiveram por base os 4M (Mão-de-obra, Material, Máquina e Método), em similaridade com o trabalho anterior (FREITAS, 215a).

Desta forma, obteve-se no MFV, com estas melhorias, um tempo total para a execução de 100 m de pista pavimentada e entregue ao cliente de **20,60 dias**. Destes **20,60 dias**, o tempo de agregação de valor no processo foi de **15,70 dias (76,21%)**. As perdas ficaram na ordem de **23,79% (4,90 dias)**.

3.6. REFERÊNCIAS

- ALARCON, L.F. **Tools for the identification and reduction of waste in construction projects**. Balkema, Rotterdam, (1997).
- BALLARD, H. G. **The Last Planner System of Production Control**. Birmingham, 2000. Ph. D. Tesis School of Civil Engineering. Faculty of Engineering. The University of Birmingham.
- BENETTI, Heloiza Helena. **Diretrizes para avaliar a estabilidade do fluxo de valor sob a perspectiva da mentalidade enxuta**. Tese (Doutorado em Engenharia) – PPGE/UFRGS, Porto Alegre, 2010.
- BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para empresas de construção**. Tese (Doutorado em Engenharia) – PPGE/UFRGS, Porto Alegre, 2001.
- BOLVIKEN, T.; Rooke, J.; Koskela, L. (2014). **Os resíduos de produção da construção**. In: Anais da Conferencia Anual do Grupo Internacional de Lean Construction, junho de 2014, em Oslo, Noruega.
- DIEDRICH, Hélio. **Utilização de conceitos do Sistema Toyota de Produção na melhoria de um processo de fabricação de calçados**. Dissertação (Mestrado Profissionalizante) – PPGE/UFRGS, Porto Alegre, 2001.
- FONSECA, J.J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.
- FULLALOVE, LUCIA H. *Examples of Lean Techniques and Methodology Applied to Uk Road Schemes*. Publicação nos anais do IGLC.
- GUINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: Mais do que Simplesmente, Just-in-Time**. Caxias do Sul: EducS, 1996
- ISATTO, Eduardo Luis. **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na Construção Civil** – Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000.
- KAYSER, Detlev. **Identificação e redução de perdas segundo o Sistema Toyota de Produção: um estudo de caso na área de revestimento de superfícies**. Dissertação (Mestrado Profissionalizante) – PPGE/UFRGS, Porto Alegre, 2001.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction.** Espoo, Finland: VTT, 2000.

KOSKELA, L. *Application of the new production philosophy to construction.* Stanford, EUA: Stanford University, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), 1992.

LIKER, J.K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

MODEN, Y. **Toyota sistema de produção: uma abordagem integrada do just-in-time.** 3º Ed. Norcross, Ga. 1998

NKS-Nikkan Kogyo Shimbun Ltda. **Poka-Yoke: Melhorar a qualidade do produto /prevenção de defeitos.** Productivity Press. 1997

OHNO, T. **Sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.

ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY. **Analytical Methods Committee. Technical brief. Robust Statistics: a method of coping with outliers.** Nº 6, April 2001.

SANTOS A. **Application of flow principles in the production management of construction sites.** Thesis (Ph.D), School of Construction Property Management, The University of Salford, 1999.

SANTOS e POWELL. *Potencial of Poka-Yoke Devices to Reduce Variability in Construction.* Publicação nos anais do IGLC, 1999.

SAURIN, T. A. **Waste in construction: concept, types & examples,** Ufrgs, 2015. Artigo

SHINGO, S. **Non-stock production: The Shingo System for continuous improvement,** Productive Press, 1988.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia da engenharia de produção.** 2ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 1996.

TAKAHASHI, Y.; OSADA, T. **TPM/MPT: manutenção produtiva total.** 3 ed. São Paulo: instituto IMAM, 1993.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho avaliou a estabilidade e a capacidade do fluxo de valor em uma obra de infraestrutura e pavimentação viária, atendendo com isso seu objetivo principal. Além disso, foram aplicadas práticas enxutas neste tipo específico de obra e avaliado o impacto desta intervenção no processo produtivo. Foi avaliado também como as características específicas das obras de infraestrutura e pavimentação viária interferem na aplicação das práticas da mentalidade enxuta. Com isso, foram atendidos também seus objetivos secundários propostos.

Inicialmente, foram propostos indicadores associados aos 4M (material, mão-de-obra, máquina e método). Após a seleção destes indicadores, foi estabelecido o período de coleta de dados e uma meta para cada um deles. Realizada a coleta dos dados, cada indicador foi avaliado quanto a sua estabilidade e capacidade. Após a avaliação da estabilidade e capacidade destes indicadores associados aos 4M, foi elaborado um Mapa de Fluxo de Valor do estado atual. Com base no Mapa de Fluxo de Valor Atual foram identificados pontos de melhoria a serem aplicados em uma obra viária. Com base em um cenário idealizado, elaborou-se um Mapa de Fluxo de Valor Futuro.

A partir destes pontos de melhoria propostos, foram selecionadas algumas práticas enxutas e aplicadas em uma nova obra de infraestrutura e pavimentação viária. Avaliou-se novamente a estabilidade e capacidade dos indicadores propostos inicialmente, agora nesta nova obra. A partir deste novo cenário, com a aplicação destas práticas enxutas, foi gerado um novo Mapa de Fluxo de Valor. Os resultados dos indicadores quanto à sua estabilidade e capacidade podem ser visualizados no quadro 19.

Quadro 19 – Comparativo dos indicadores referente aos 4M nas obras estudadas.

QUADRO RESUMO DOS INDICADORES COLETADOS								
ELEMENTO DE PRODUÇÃO	INDICADOR UTILIZADO	O QUE AVALIA	PERIODICIDADE	META OBRA	RUA X (FREITAS;2015a)		RUA Y (FREITAS;2015b)	
					ESTÁVEL	CAPAZ	ESTÁVEL	CAPAZ
MÃO DE OBRA	ABSENTEÍSMO	ATRASOS FALTAS SAÍDAS ANTECIPADAS	MENSAL	Menor que 3% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	SIM	NÃO	SIM	SIM
	TURN OVER	CONTRATAÇÃO DEMISSÃO	MENSAL	< 3% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	SIM	NÃO	SIM	NÃO
MATERIAL	AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES DE PRODUTOS	DESEMPENHO DO FORNECEDOR A CADA ENTREGA	A CADA ENTREGA	>80% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	SIM	NÃO	SIM	SIM
MÁQUINA	DISPONIBILIDADE	DISPONIBILIDADE EFETIVA DO EQUIPAMENTO	MENSAL	>80% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	SIM	SIM	SIM	SIM
MÉTODO	PROCEDIMENTO IT	PROCEDIMENTO QUE COMPÕE O TRABALHO REALIZADO	MENSAL	>80% (UTILIZADO NO SISTEMA DE GESTÃO DA EMPRESA - RAM)	SIM	NÃO	SIM	SIM

Pode-se notar que houve melhoria de desempenho dos indicadores a partir da implantação de apenas algumas práticas *lean*. Houve uma melhora geral no grupo de indicadores avaliados e associados aos 4M com relação à sua **estabilidade** e a sua **capacidade**, quando são comparados os dois trabalhos que fazem parte desta dissertação - o trabalho de Freitas (2015a) e o trabalho de Freitas (2015b).

Percebe-se melhora principalmente na **capacidade** dos indicadores em atender os parâmetros definidos pela empresa. Nos dois cenários analisados, todos os indicadores demonstraram ser **estáveis**, e isso parece ser um caminho fértil para a implantação sustentável de um modelo enxuto de gestão mais completo neste setor.

Com relação ao Mapa de Fluxo de Valor das duas situações analisadas, percebe-se também uma melhora nos tempos estudados. No MFV atual do trabalho de Freitas (2015a), o lead time total de produção para a execução de 100 m de pista pavimentada foi de **26,07 dias** e o tempo de agregação de valor no processo foi de **18,20 dias**. Por consequência, **69,82%** do tempo gasto para a execução de obra neste trecho analisado agrega valor para o cliente final. O restante do tempo (**30,18%**) ou **7,87 dias** são tempos de perdas (do processo e da obra). Já no MFV obtido no trabalho de Freitas (2015b), após a implantação de algumas práticas *lean*, observou-se um lead time total para a execução de 100 m de pista pavimentada de **20,60 dias**. Destes **20,60 dias**, o tempo de agregação de valor no processo foi de **15,70 dias (76,21%)**. O tempo que não agrega valor ficou na ordem de **4,90 dias (23,79%)**.

Estes dados, quando comparados, mostram redução de **5,47 dias (20,98%)** no *lead time* de produção entre os dois cenários. Quanto ao tempo de agregação de valor, houve uma redução de **2,50 dias (13,73%)** e houve uma redução no tempo que não agrega valor em **2,97 dias (37,73%)**.

Uma parcela da melhora dos resultados obtidos no segundo trabalho pode ter influência de fatores que não tem ligação direta com as práticas *lean* adotadas. Diferença de tamanho das duas obras avaliadas, condições climáticas do período avaliado e influência da comunidade local podem contribuir positiva ou negativamente no processo de execução da obra.

Percebeu-se que o tempo total que não agrega valor no MFV de 4,90 dias no trabalho de Freitas (2015b) ficou muito próximo do valor obtido em um cenário idealizado a partir do orçamento da obra, no MFV Futuro elaborado no primeiro trabalho (FREITAS, 2015a), que foi de 4,70 dias. Isto indica que uma redução maior deste tempo que não agrega valor no

processo passa necessariamente por mudanças no método construtivo ou na troca dos materiais utilizados. O tempo de espera entre uma etapa anterior e uma próxima etapa, na metodologia adota, possui uma barreiras técnica em função dos tempos:

- Tempo necessário para mobilização e de desmobilização no canteiro de obra;
- Tempo de cura e secagem do rejunte das redes pluviais e das caixas de drenagem para que seja possível a realização de um aterro controlado;
- Tempo de secagem e cura entre o serviço de imprimação (aplicação do CM-30) e execução da camada final de CBUQ;
- Tempo de secagem e cura da camada final de CBUQ para permitir o tráfego para a execução do acabamento e a limpeza final do trecho;

Por fim, a realização deste trabalho permitiu perceber que o setor de infraestrutura e pavimentação rodoviária apresenta algumas particularidades. Algumas dessas são favoráveis à aplicação de ferramentas *lean*, quais sejam:

- i) **Baixa quantidade de etapas no processo de construção de uma rodovia:** isso gera uma maior facilidade no gerenciamento das atividades. No caso das obras aqui estudadas foram relacionadas 12 etapas;
- ii) **Repetição dos serviços ao longo da rodovia:** favorece a padronização de método e o estabelecimento de ritmo de trabalho padronizado (*takt time*). Nos exemplos estudados, os serviços de terraplenagem, drenagem e pavimentação repetem-se ao longo dos trechos e da via;
- iii) **Alto percentual de utilização de equipamento e baixo percentual de mão-de-obra no processo de execução:** isso reduz a instabilidade e imprevisibilidade causada pela utilização da mão-de-obra, geralmente de baixa qualificação;
- iv) **Pouca quantidade de insumos e poucos fornecedores envolvidos na cadeia de fornecimento de materiais da obra:** isso reduz a complexidade dos processos de compras e favorece o estabelecimento de relações de longo prazo com fornecedores.

Porém, foram identificadas outras características neste tipo de obra que representam um desafio adicional a ser vencido na implantação de práticas e ferramentas *lean*. São elas:

- (i) **Dependência das condições climáticas em todas as etapas da obra:** áreas desprotegidas e a mercê das intempéries;
- (ii) **Grandes extensões horizontais de terreno:** contribui para aumentar a variabilidade do solo e do subsolo ao longo do percurso da via, gerando incompatibilidade com o projeto;
- (iii) **Influência política na elaboração dos projetos:** projetos de baixo custo e com pouco tempo para um estudo aprofundado das condições do terreno onde se desenvolve a rodovia. São deficientes, muitas vezes, de uma investigação correta das reais condições do solo e das interferências no trajeto da rodovia a ser implantada.
- (iv) **Dificuldade de local para armazenamento de material entregue na obra:** muitas vezes não há um local adequado para estoque de material entregue, principalmente devido as grandes extensões da obra;
- (v) **Baixa qualificação da mão-de-obra na frente de serviço:** profissionais com baixa qualificação historicamente procuram trabalho no setor de infraestrutura e pavimentação viária;
- (vi) **Influência de interesses políticos nos prazos de execução da obra:** influência direta no caso de obras públicas e influência indireta no caso de obras privadas, pois os investimentos dependem das políticas do governo;
- (vii) **Impossibilidade de isolamento completo da área de trabalho:** a obra se desenvolve em via pública, com trânsito dos pedestres e moradores no canteiro de obras;
- (viii) **Influência dos interesses dos moradores e da comunidade local:** esses interesses influenciam diretamente na maneira de executar a obra e no caminho crítico das atividades da obra;

O próximo passo para o avanço do trabalho proposto é a implementação de mais práticas *lean* e a continuidade do monitoramento dos indicadores dos 4M associados, verificando continuamente sua capacidade e estabilidade, bem como a checagem do MFV obtido no processo melhorado. Sugere-se também, a ampliação do cenário dos 4M adotado. A inclusão da análise de indicadores referentes ao meio-ambiente (5M) é indicada na análise de

resultados deste tipo de obras, pois o meio-ambiente tem um impacto importante e deve ser levado em consideração.

5. REFERÊNCIAS

AL-SUDAIRI, A.A.; DIEKMANN, J.E.; SONGER, A.D. ; BROWN, H.M. 1999, *Simulation of Construction Processes: Traditional Practices Versus Lean Principles* In:, 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Berkeley, USA, 26-28 Jul 1999.

BALLARD, H. G. **The Last Planner System of Production Control**. Birmingham, 2000. Ph. D. Tesis School of Civil Engineering. Faculty of Engineering. The University of Birmingham.

BENETTI, Heloiza Helena. **Diretrizes para avaliar a estabilidade do fluxo de valor sob a perspectiva da mentalidade enxuta**. Tese (Doutorado em Engenharia) – PPGEP/UFRGS, Porto Alegre, 2010.

BULHÕES, I. R. **Diretrizes para implementação de fluxo contínuo na construção civil: uma abordagem baseada na mentalidade enxuta**. Campinas, 2009. Tese – Doutorado de engenharia civil da Universidade Estadual de Campinas.

DAWOOD, N. ; CHAVADA, R. ; BENGHI, C.; SANCHES, R. 2010, *Interactive Visual Lean System for Resource Planning of Earthwork Operations* In:, Walsh, K. & Alves, T., 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Haifa, Israel, 14-16 Jul 2010.

DNIT. **Relatório dos Levantamentos Funcionais das Rodovias Federais**, 2011.

FULLALOVE, L.H. *Examples of Lean Techniques and Methodology Applied to Uk Road Schemes* In:, Formoso, C.T. & Tzortzopoulos, P., 21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Fortaleza, Brazil, 31-2 Aug 2013.

KEMMER, S.L. ; SARAIVA, M.A. ; HEINECK, L.F.M. ; PACHECO, A.V.L. , NOVAES, M.D.V. ; MOURÃO, C.A.M.A.; MOREIRA, L.C.R. 2006, *The Use of Andon in High Rise Building* In:, 14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Santiago, Chile, 2006.

KOSKELA, L. *Application of the new production philosophy to construction*. Stanford, EUA: Stanford University, Center for Integrated Facility Engineering (CIFE), 1992.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **O Modelo Toyota: manual de aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LIKER, J.K. O modelo Toyota: **14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MASIERO, G. **Introdução à administração de empresas**. São Paulo: Atlas, 1996.

PEREIRA, D.; CACHADINHA, N. 2011, *Lean Construction in Rehavilitation Works - Suitable Analysis and Contribution for the Degintion of an Application Model* In:, Rooke, J. & Dave, B., *19th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Lima, Peru, 13-15 Jul 2011.

SANTOS, A.D. ; POWELL, J. 1999, *Potential of Poka-Yoke Devices to Reduce Variability in Construction* In:, *7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Berkeley, USA, 26-28 Jul 1999.