

PEDRO BACCIOTTI FRANCHI

**Utilização do *Andon* para melhoria da gestão da produção em edifícios
residenciais**

São Paulo

2019

PEDRO BACCIOTTI FRANCHI

**Utilização do *Andon* para melhoria da gestão da produção em edifícios
residenciais**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Orientador: Prof. Dr. Luiz Reynaldo de
Azevedo Cardoso

São Paulo

2019

PEDRO BACCIOTTI FRANCHI

**Utilização do *Andon* para melhoria da gestão da produção em edifícios
residenciais**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Área de Concentração: Inovação na
Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Luiz Reynaldo de
Azevedo Cardoso

São Paulo

2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

Franchi, Pedro
UTILIZAÇÃO DO ANDON PARA MELHORIA DA GESTÃO DA PRODUÇÃO
EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS / P. Franchi – versão corr. -- São Paulo, 2019.
63 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Andon 2.Construção Civil 3.Causa Raiz I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

Dedico esse trabalho à minha esposa e família,
ao suporte e carinho sem medidas.

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois sem Ele, nada seria possível.

Agradeço à Universidade de São Paulo e ao Departamento de Engenharia da Construção Civil da Escola Politécnica, que permitiu, através do Construinova, a experiência da academia atrelada a minha rotina profissional.

Minha gratidão expressa em palavras pela minha esposa Sara Franchi pelo companheirismo e cumplicidade. Amor, os inúmeros cafés que tomamos após as aulas do mestrado fazem parte da nossa história.

Aos meus pais Nivaldo e Hilda e minhas irmãs Ana e Taís, pelo esforço, dedicação e compreensão, em todos os momentos desta caminhada.

Agradeço também à Tegra Incorporadora, em especial, aos meus diretores Patricia Heredia e Fábio Barros por confiarem no meu trabalho e me fornecerem suporte para produção desse projeto.

Agradeço especialmente ao Professor Doutor Luiz Reynaldo de Azevedo Cardoso, meu orientador, que exerceu papel fundamental na construção do meu conhecimento e no desenvolvimento deste trabalho.

“Procure ser um homem de valor, em vez de ser
um homem de sucesso”.

Albert Einstein

RESUMO

O mercado e a indústria da construção civil são de importância ímpar para o desenvolvimento econômico e social do Brasil. A construção civil possui uma relação de encadeamento direto com o PIB nacional pois reflete a situação econômica do país, acompanhando seu crescimento e sua queda. Ainda assim, é um mercado que apresenta deficiências na gestão de planejamento e controle. Entre estas, falhas de gestão de mão de obra e logística estão entre as principais causas da baixa produtividade e dos atrasos nas entregas das obras. A presente dissertação avalia a implantação do *Andon* através de um estudo de caso em um canteiro de obras de uma construtora de grande porte que utilizou o sistema em um conjunto residencial vertical com quatro torres. Os resultados são analisados e utilizados para identificação das causas raízes dos problemas encontrados. Por fim, são propostas melhorias para a resolução dos problemas identificados e são sugeridos pontos de desenvolvimento para a gestão da companhia.

Palavras-Chave: *Andon*. Gestão. Planejamento. Controle. Produção.

ABSTRACT

The construction market and industry are of unique importance for Brazil's economic and social development. Civil construction has a direct link with the national GDP because it reflects the economic situation of the country following its growth and fall. Still, it's a market with flaws in its planning and control management. Manpower management and logistics failures are among the main causes of low productivity and delivery delays. This dissertation evaluates the implementation of *Andon*, where the system functionalities are defined for a residential complex with four towers. A case study is made based on the experience of a large construction company that used the system in a vertical residential work. Results are analyzed to identify the main causes of the problems. At last, improvement proposals are put in order to solve the identified problems and improvement points are suggested for the company's management.

Keywords: *Andon*. Management. Planning. Control. Production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – PIB Brasil x PIB Construção Civil – 2004 a 2017.....	13
Figura 2 - Falhas – processos e planejamento de recuperação	19
Figura 3 – Maquete digital do Empreendimento.....	29
Figura 4 – Apartamento tipo de 94 m ²	29
Figura 5 – Imagem atual do empreendimento.....	30
Figura 6 - Rede sequencial com os serviços controlados em destaque.....	31
Figura 7 – Estruturação do sistema <i>Andon</i>	33
Figura 8 – Botoeira de Acionamento I.....	34
Figura 9- Botoeira de Acionamento II.....	34
Figura 10 – Quadro de controle do <i>Andon</i> dos pavimentos.....	35
Figura 11 – Visualização do histórico de status do software padrão do <i>Andon</i>	37
Figura 12 – Identificação da causa raiz para falta de material cerâmico.....	53
Figura 13 – Identificação da causa raiz para falta de material argamassado.....	53
Figura 14 – Identificação da causa raiz para terminalidade.....	54
Figura 15 – Identificação da causa raiz para adequação do sistema.....	55
Figura 16 – Identificação da causa raiz para falta para trotes.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tipos de análises de ocorrências.....	32
Quadro 2 – Composição para custo da obra.....	39
Quadro 3 – Custos para implantação do <i>Andon</i>	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Alertas e emergências de paradas na produção: Setembro/16.....	43
Gráfico 2 - Alertas e emergências de paradas na produção em Outubro/16.....	45
Gráfico 3 - Alertas e emergências de paradas na produção em novembro/16.....	47
Gráfico 4 - Análise de alertas e emergências na produção: Geral (Set/Out/Nov/16).....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Alertas e emergências de paradas na produção: Setembro/16.....	42
Tabela 2 - Alertas e emergências de paradas na produção em Outubro/16.....	45
Tabela 3 - Alertas e emergências de paradas na produção em novembro/16.....	47
Tabela 4 - Análise de alertas e emergências na produção: Geral (Set/Out/Nov/16).....	49

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	13
1.1 – TEMA E CONTEXTUALIZAÇÃO.....	13
1.2 – OBJETIVOS.....	15
1.2.1 - Objetivo Geral.....	15
1.2.2 - Objetivos Específicos.....	15
1.3 - JUSTIFICATIVA.....	16
1.4 - ESTRUTURA DO TEXTO.....	17
2 – PLANEJAMENTO E CONTROLE.....	18
2.1 - O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	18
2.1.1 - Planejamento da produção.....	18
2.1.2 - Controle da produção.....	18
2.2 - FALHAS.....	19
3 – LEAN THINKING, LEAN CONSTRUCTION E ANDON.....	21
3.1 - LEAN THINKING.....	21
3.2 - LEAN CONSTRUCTION.....	22
3.3 - ANDON.....	24
4 – ESTUDO DE CASO.....	27
4.1 - DESCRIÇÃO DA EMPRESA PESQUISADA.....	27
4.2 - DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	28
4.3 - COLETA DE DADOS.....	30
4.4 - DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	30
4.5 - PROCEDIMENTO DE PESQUISA.....	32
4.5.1 - Acompanhamento do sistema <i>Andon</i>	32
4.6 – IMPLANTAÇÃO DO <i>ANDON</i>	33
4.7 - COLETA DE DADOS.....	37
4.7.1 - Instalação do <i>Andon</i> e treinamento.....	38
4.8 – ORIENTAÇÃO PARA <i>ANDON</i>	40
4.8.1 – Apresentação do sistema.....	40
4.8.2 – O funcionamento do sistema.....	41
4.8.3 - Como se utiliza o sistema.....	41
4.9 - RESULTADOS.....	42
4.9.1 - Mês 1: Setembro/2016.....	42
4.9.2 - Mês 2: Outubro/2016.....	45
4.9.3 - Mês 3: Novembro/2016.....	47
4.9.4 – Geral: Setembro, Outubro e Novembro.....	49
4.10. – IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS RAÍZES.....	52
4.10.1 – Causa Raiz para falta de material: Cerâmica e Argamassa.....	52
4.10.2 – Causa Raiz para terminalidade.....	54
4.10.3 – Causa Raiz para adequação do sistema.....	54
4.10.4 – Causa Raiz para trote.....	55
5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	56
REFERÊNCIAS.....	58

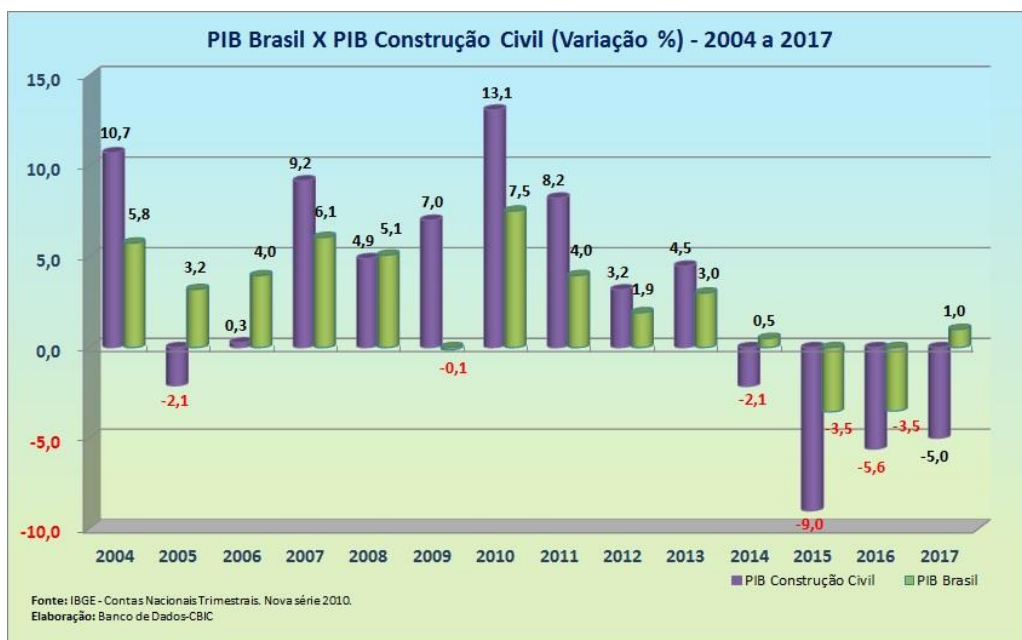
1 - INTRODUÇÃO

1.1 – TEMA E CONTEXTUALIZAÇÃO

O mercado da construção civil e sua indústria em geral, são de importância ímpar para o Brasil e impactam diretamente o desenvolvimento socioeconômico do país. Este campo como um todo, abrange atividades de importância expressiva para a economia. Portanto, pode-se afirmar que a variação do PIB da construção acompanha a variação do PIB do Brasil. Conforme Figura 1, de 2010 à 2015, o PIB do Brasil variou de 13,11% para -9,0 %, enquanto o PIB da construção civil acompanhou a mesma queda, variando de 7,5% para -3,5% (IBGE, 2017).

As inúmeras atividades relacionadas à construção são os motivadores para criação e manutenção de 13 milhões de empregos no Brasil, considerando empregos formais, informais e indiretos, correspondendo a 12,68% da População Economicamente Ativa (PEA) (IBGE, 2017). Pode-se considerar essa indústria como única, em relação a outros setores industriais, quer por suas entregas serem projetos únicos, quer pela complexidade de seus relacionamentos no desdobrar da cadeia produtiva (VERGNA, 2007).

Figura 1 – PIB Brasil x PIB Construção Civil – 2004 à 2017



Fonte: (IBGE, 2017)

Além da queda do PIB por motivos macroeconômicos, conforme observado na Figura 1, Mattos (2010) aponta deficiências no planejamento e no controle como uma das causas das perdas e problemas de qualidade dos produtos da construção civil. Agrava estas falhas a dificuldade de comunicação entre o canteiro de obras e a equipe de engenharia responsável pela gestão e planejamento

Para Nakamura (2010), cerca de 25% dos problemas com atrasos relacionados ao cronograma das obras possui certa relação com falhas de gestão da mão de obra e outros 25% poderia ser de responsabilidade da logística de fornecimento de materiais. Falhas nestes aspectos trazem consequências de efeito dominó: se o material não está presente, a mão de obra não executa o serviço, e o serviço subsequente também sofre atraso, ainda que seu material já esteja na obra.

Além disso, ainda que seja uma das mais relevantes indústrias em escala nacional, a construção civil apresenta “perdas físicas não desprezíveis na construção de edifícios”, segundo Souza et al. (1999, p. 09), que ressalta a importância de sua redução. Em virtude disso, a busca de padrões adequados e eficientes para a organização e aperfeiçoamento do setor é responsável pelo desencadeamento de inúmeras pesquisas e estudos sobre o assunto.

Para Cattani (1994), a exigência de competência profissional tem crescido cada vez mais. Logo, é necessário investir em treinamento para qualificação da mão de obra de trabalhadores de produção até cargos mais estratégicos na cadeia produtiva, isto é, gerenciais. Cavalcante (2010) também afirma que as empresas devem operar com uma mão-de-obra cada vez mais qualificada, visando elevar seus níveis de produtividade e qualidade das atividades, com o foco na máxima redução de gastos, com o objetivo de atender uma exigência elevada dos clientes e assim manter-se em alto nível de competitividade no mercado.

Logo, observa-se a necessidade de melhoria na logística (do planejamento à entrega) e aproveitamento dos materiais, bem como da mão de obra para impulsionar a produtividade da construção civil.

1.2 – OBJETIVOS

1.2.1 - Objetivo Geral

A presente dissertação buscou avaliar a utilização do sistema *Andon* por uma construtora de grande porte em uma de suas obras residenciais. Pretende-se analisar a implantação deste sistema, as informações coletadas com sua utilização, e, por fim, sua aplicação, para identificar as causas raízes dos problemas.

A pesquisa foi realizada através de um estudo de caso em uma obra residencial com quatro torres de múltiplos pavimentos na cidade de Campinas/SP. A descrição completa do estudo de caso será apresentado no capítulo 4.

1.2.2 - Objetivos Específicos

Como objetivos específicos desta pesquisa destacam-se:

- apresentar o *Andon* e como ele pode ser utilizado como sistema auxiliar para gestão de obra;
- especificar o modo de implantação do sistema para uma obra residencial vertical;
- utilizar as informações obtidas com *Andon* para compreender os problemas de paralização, suas causas raízes e as devidas ações a serem tomadas;
- avaliar se houve melhoria relacionada à comunicação interna da obra, na identificação de falhas e alertas de sua ocorrência.

1.3 - JUSTIFICATIVA

O presente trabalho visa contribuir para preenchimento de uma lacuna de informação encontrada na revisão bibliográfica realizada. Burgos e Falcão (2015), referem-se à implantação do sistema *Andon* na construção civil através de ligações elétricas compostas por lâmpadas e fios de cobre ligados a um interruptor. Este tipo de ligação permitiu o registros manual das ocorrências. Valendo-se das informações coletadas, os autores expressaram o número de chamados, alertas e paradas, em um gráfico, sem indicar, porém, seus motivos.

Francelino et al. (2006) utilizaram, por sua vez, um sistema composto por tubulações de PVC e bolas de sinuca, em uma torre de 16 pavimentos. A bola era solta de determinado pavimento, correndo por dentro da tubulação até cair no nível do térreo, e com seu peso, acionava uma campainha luminosa. Os registros dessas ações eram dados manualmente em um formulário.

Já Novaes (2008) relata a implantação do sistema *Andon* utilizando lâmpadas e fios de cobre interligados a um interruptor triplo. Relata também o acompanhamento das chamadas e os registros das paradas através de um formulário impresso e expressou essas informações em um gráfico.

O diferencial do presente trabalho em relação aos consultados, entre os quais os citados, é a utilização de hardware e software em conjunto, possibilitando que as informações capturadas no acionamento das botoeiras fossem registradas eletronicamente. As informações obtidas foram tratadas, classificadas e servem como retroalimentação dos processos de gestão.

1.4 - ESTRUTURA DO TEXTO.

O primeiro capítulo consiste na introdução do trabalho, apresentando o tema escolhido para o estudo, sua justificativa e os objetivos a serem alcançados.

O segundo capítulo apresenta a fundamentação dos conceitos de planejamento, controle e respostas às falhas.

O terceiro capítulo trata da conceituação do *Lean Thinking*, *Lean Construction* e do *Andon*.

O quarto capítulo apresenta o estudo de caso. Neste capítulo há a descrição da empresa escolhida, do objeto de pesquisa, apresentação dos dados e análise dos resultados obtidos.

Por fim, o quinto capítulo apresenta as conclusões da pesquisa e recomendações para trabalhos futuros.

2 – PLANEJAMENTO E CONTROLE

2.1 - PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.

A programação e controle da produção têm como propósito traduzir uma série de funções com o foco em monitorar e comandar a sequência de produção, de acordo com Slack et al. (1997). É importante frisar que o objetivo final é garantir a assertividade da produção, ou seja, que ela ocorra de maneira eficiente e que o resultado produzido seja fidedigno ao planejado e/ou programado. O planejamento visa fundamentar a probabilidade de ocorrer o que foi proposto, e o controle visa focar no processo de tratamento das mudanças, caso elas ocorram, conforme o mesmo autor.

2.1.1 - Planejamento da produção.

As decisões advindas de uma necessidade da companhia requerem, pelas boas práticas, que haja um planejamento e controle que fundamentem a tomada de decisão em relação ao melhor aproveitamento dos recursos disponibilizados para determinada produção. Assim, o planejamento da produção visa garantir que o executado será o mais fiel possível ao planejado (SLACK et al., 1997). Deste modo, é válido dizer que a produção pensada de maneira estratégica possui total influência sobre a atividade do projeto e todos os trabalhos derivados dessas atividades.

2.1.2 - Controle da produção.

Ainda segundo Slack et al. (1997), o controle visa trabalhar com as incertezas que permeiam a execução de um trabalho planejado, podendo, estas incertezas, serem positivas ou negativas para o resultado esperado. Seguindo essa linha de raciocínio, Corrêa, Gianesi e Caon (2001, p. 22) afirmam que : [...] “os sistemas da administração da produção, para cumprirem seu papel no atingimento dos objetivos estratégicos da organização, devem ser capazes de apoiar o tomador de decisões logísticas.” [...] ou seja, o controle da produção é o suporte essencial para a tomada de decisões, fornecendo subsídios para que o gestor interfira ou não no andamento do processo.

Sob esta linha de raciocínio, os autores afirmam que manter o controle sobre os serviços significa que os mesmos estão passíveis de intervenção com o objetivo final de realinhar o processo e trazê-lo para o caminho planejado inicialmente. Neste sentido Melles e Wamelink (1993 apud COELHO, 2003, p. 39), propõem uma adaptação de sistemas de controle utilizados na manufatura, tomando como suporte a Teoria de Administração de Empreendimentos.

Novaes (2008) conclui que os projetos pertinentes a uma obra devem ser planejados, monitorados e controlados de maneira sistêmica, utilizando, assim, ferramentas para captura de dados e análises para tomadas de decisão inteligentes e assertivas.

2.2 - FALHAS.

De acordo com Slack et al. (1997) as falhas são parte do processo produtivo, mas deve-se direcionar a atenção para as que possuem maior efeito sobre a linha de produção ou seus clientes. O foco deve ser suas causas e efeitos, que podem ocorrer por diversas razões, seja resultado dos materiais fornecidos para produção, da mão de obra ou até mesmo por manuseio incorreto por parte dos clientes. Identificar e planejar a recuperação das falhas é importante pois auxiliará a resolução das mesmas a fim de minimizar os efeitos sobre os clientes.

Conforme o mesmo autor o planejamento de recuperação é a atividade que permite a recuperação das falhas. Essa etapa faz parte de um processo conforme exemplificado na Figura 2:

Figura 2- Falhas – processos e planejamento de recuperação



Fonte: Slack et al. (2009, p. 618)

Tubino (1999) afirma que quanto mais ágil a reconhecimento dos problemas, mais efetivas deverão ser as correções para não prejudicar o andamento da produção. Portanto, são necessários o acompanhamento e o estudo da coleta de dados, com o objetivo de assegurar a execução da produção conforme planejado. Com base nisso, defende-se a utilização de equipamentos e sistemas inteligentes para simplificar a identificação de brechas no sistema, de modo a auxiliar a retroalimentação das informações para que a falha não ocorra novamente.

Keller (1999) relata que sistemas que utilizam recurso de monitoramento visual são valorosos para tomada de decisão, principalmente em relação a falhas. Apesar de algumas companhias mostrarem-se abertas a mudanças e a novas ferramentas e sistemas de controle, o mercado da construção civil como um todo ainda carece de controles visuais efetivos. Seleme (2000) menciona que a construção precisa do desenvolvimento e aceitação dessas ferramentas, e sistemas como o *Andon* são importantes aquisições que auxiliam a produção, focando na redução das falhas.

3 – *LEAN THINKING, LEAN CONSTRUCTION E ANDON*

3.1 - *LEAN THINKING*

Conforme Womack, Jones e Ross (1992) Eiji Toyoda e Taiichi Ohno são considerados os responsáveis pelas primeiras ideias e fundamentação do chamado “pensamento enxuto”, conceitos que tomaram forma a partir de uma carência de produção fabril após a segunda guerra mundial. Teve-se como base princípios das técnicas de manufatura, visando produzir pequenas quantidades de modelos variados.

Ohno, estudando o sistema fabril norte-americano (Fordismo), adaptou seus princípios à realidade de mercado japonesa daquela época, caracterizada pela falta de recursos materiais, financeiros, humanos e, principalmente, de estocagem. Com essa nova mentalidade para a produção industrial, Ohno aplicou sua teoria no chão de fábrica, consolidando assim, o sistema Toyota de Produção (WOMACK; JONES; ROOS,1992).

Mas a concepção do *lean thinking* (ou “mentalidade enxuta”), propriamente dita, foi elaborado por Womack, Jones e Ross (1992); o termo foi criado buscando a caracterização de uma nova mentalidade de produção que atingiria diretamente sua linha fabril, utilizando a seguinte premissa: “metade do esforço dos operários em fábrica, metade do investimento em ferramentas, metade das horas em planejamento para desenvolver novos produtos na metade do tempo” (WERKEMA, 2006).

Para Womack, Jones e Roos (apud PICCHI, 2003, p. 10) a mentalidade enxuta é dividida em cinco princípios básicos:

- valor: entender o que é valor para o cliente e oferecer maior valor agregado, sem desperdícios;
- fluxo de Valor: identificar e eliminar desperdícios ao longo de toda a cadeia de valor, da matéria prima ao cliente final;
- fluxo: produção em fluxo, estável e sem interrupções;

- puxar: produzir somente quando demandado pelo cliente ou processo posterior, sem acumulação de estoques;
- perfeição: melhoria contínua através da rápida detecção e solução de problemas na base.

A mentalidade enxuta é um caminho de se pensar na melhoria e organização de um ambiente onde há produção. Tal conceito é aplicado visando a eliminação de excessos e conseqüentemente a redução de desperdícios dentro de uma organização. Para reduzir os desperdícios, o conceito busca entender o que é valor para o cliente e assim identificar e eliminar excessos que não fazem parte do escopo contratado (OHNO,1997).

3.2 - *LEAN CONSTRUCTION*

Moura, Bertini e Heineck (2016) afirmam que o avanço da tecnologia influencia diretamente a forma como vivemos e conseqüentemente a forma como o setor da construção civil é impactado. Os autores também citam que as inovações registradas no decorrer das últimas décadas incentivam a modernização do setor e exigem um esforço das empresas participantes dessa cadeia. Por fim, os desafios econômicos vivenciados nos últimos anos criaram um cenário mais competitivo passando a exigir produtos mais baratos, com qualidade e que se adaptassem às necessidades do comprador.

Leoni (2010) afirma que para atender às exigências por parte dos diversos clientes (pessoas físicas, incorporadoras, órgãos governamentais etc.), as empresas de construção civil passaram por processos de melhoria através de certificações, como a ISO 9001, comumente requeridas por matrizes estrangeiras em relação às suas filiais nacionais. Pode-se citar também o PBQP-H (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat), uma certificação obrigatória para participação nas licitações de execução de obras de moradias populares do governo federal.

Assim como Shingo e Ohno são considerados os pais do *lean thinking*, Koskela é considerado o mentor desse raciocínio aplicado à construção civil (FORMOSO, 2002). Esse marco foi criado a partir da publicação do trabalho intitulado “*Application of the new production philosophy in the construction industry*” por Koskela (1992) publicado pelo CIFE – *Center for Integrated Facility Engineering*.

Já em 1994 foi formado o grupo mundial de pesquisadores sobre o *lean construction*, denominado de IGLC – *Internacional Group for Lean Construction*, coordenado por Howell e Ballard. O grupo focava em discutir a adaptação, disseminação e quebra de paradigmas para a gestão da produção na construção civil.

Após o entendimento e disseminação desse conceito, o desafio passa a ser a adaptação. Howell (1999) já mostrava que havia rejeição por parte de empresas e trabalhadores da construção a esta mudança de mentalidade. Alterar o modo como as operações e os trabalhos ocorriam exige mudança de cultura. Essa mudança é tida como uma peculiaridade da construção, indicada também por Koskela (2000).

Para explicar outras peculiaridades da construção civil, Koskela (2000) destaca três itens: complexidade da organização e do processo de produção; tempo de trabalho para determinada produção; e o alto custo dos processos; além de ser considerada uma indústria conservadora.

Diferentemente de uma produção de manufatura, a indústria da construção civil tem a quebra das etapas como uma de suas características principais. Picchi (2003) atribui esta fragmentação às inúmeras atividades apresentadas no ciclo construtivo, e conseqüentemente, inúmeras empresas, projetistas, consultores e etc. envolvidos nesse ciclo. O *lean construction*, segundo o mesmo autor, propõe que a empresa analise e controle seus fluxos, isto inclui desde a concepção do produto, do projeto e do material até o produto final.

Conforme Rocha (2004), um projeto que possui agentes de atuação temporária e trabalhos executados por múltiplas empresas requer uma gestão que trabalhe para reduzir problemas decorrentes das variabilidades.

Nos dias atuais, inevitavelmente, incertezas e variabilidades estarão presentes em um projeto de construção civil. Isso ocorre devido ao fator humano como principal influência da qualidade, custo e prazo do projeto. Apesar de algumas empresas possuírem um sistema de gestão de qualidade visando controlar essa variabilidade, apenas uma pequena parcela pode ser mitigada. Sendo assim, ainda existe outra parte que não se consegue erradicar, sendo, portanto, responsabilidade da gestão da obra que essas variabilidades sejam identificadas, classificadas e tratadas de maneira efetiva a fim de reduzir os efeitos negativos que atuam sobre o projeto.

3.3 - *ANDON*

Andon significa “lâmpada” em japonês (MARCHWINSKI; SHOOK; SCHOEDER, 2011). É um sistema de gestão que utiliza sinais luminosos e/ou sonoros para avisar que há algum defeito no ciclo produtivo. O sistema é acionado quando ocorrem anormalidades no processo a fim de promover a participação dos colaboradores e gestores na solução de problemas e consequente aperfeiçoamento da produção (OHNO,1997).

Greenfield (2009) cita que este sistema é uma forma de gestão à vista de ocorrências na linha de produção que podem ser expressas no formato de alerta sonoro ou representações visuais. Monden (1994) já defendia a utilização desse sistema pelos trabalhadores de determinada linha de produção fabril com o objetivo de sinalizar a produtividade ou alguma falha no processo, solicitando assim a ajuda de responsáveis pela resolução do problema.

Em caso de alguma anormalidade neste sistema, os trabalhadores de uma fábrica podem interromper a linha de produção e atuar no problema de forma quase instantânea, aplicando assim o princípio de autonomia trazido por Ghinato (1996). O objetivo também é trabalhar diretamente nas causas raízes responsáveis pela parada da produção.

Para um trabalho “enxuto” é necessário que haja mecanização. Agostinho (2001) relata que a mecanização é simplesmente passar de um processo manual para o processo automatizado. Já Womack, Jones e Roos (1992) apontam que um dos principais pontos para um processo fabril tornar-se caracteristicamente “enxuto” é o de sistematizar a detecção de defeitos, visando conectar cada falha à sua causa raiz.

Jorge Junior (2003) cita que o Sistema Toyota de Produção (STP) elenca a importância do *Andon* como um sistema estratégico e não só de informação pois sua correta utilização propicia:

- a identificação de ocorrências e rápido alerta;
- a garantia de estabilidade de produção (constante e cadenciada);
- lições aprendidas com as ocorrências geradas;
- redução da reincidência de problemas;
- melhoria na comunicação entre as partes.

O *Andon*, nesta pesquisa, pode ser classificado também como um sistema de monitoramento, pois, segundo Caetano e Meireles (2000), um sistema de supervisão é composto por software e hardware com objetivo de facilitar o acompanhamento da produção com confiabilidade das informações, agilidade na comunicação e diminuição no atraso das respostas, podendo diagnosticar e informar sobre a ocorrência de problemas com maior rapidez.

A principal aplicação do *Andon* é indicar o status da produção, informando a ocorrência de determinado contratempo e a necessidade de resolvê-lo imediatamente. Na construção civil a utilização do sistema difere da indústria da manufatura, pois as botoeiras são instaladas em locais específicos onde há realização de trabalho. Desta forma, procura-se dar autonomia aos trabalhadores em sua própria frente de serviço, sendo que, uma vez acionada, a botoeira servirá de alerta para um possível problema de um local específico e não da obra como um todo. Deste modo, o trabalhador tem influência sobre suas atividades mas não sobre os outros serviços que estão sendo executados em paralelo.

A estrutura desse sistema consiste em um conjunto de botoeiras que possui 3 cores: vermelho (representando o status de emergência); amarelo (representando status de situação crítica) e verde (representando pavimento em produção), que se comunicam com um quadro indicador do *status* da produção posicionado na sala da administração da obra.

4 – ESTUDO DE CASO

O estudo de caso ocorreu no período de setembro de 2016 a dezembro de 2017. O edifício analisado possui múltiplos pavimentos e está situado na cidade de Campinas/SP. A empresa objeto do estudo de caso é uma incorporadora e construtora e que será denominada, a partir de agora, “empresa”.

Motivada, principalmente, pela inovação na construção de suas obras, a empresa, apoiada pela diretoria executiva, optou por utilizar a referida obra como projeto-piloto para a implantação do *Andon*, visando compreender os problemas provenientes da produção (obra) e adaptar seu modelo de gestão, com o objetivo de melhorar a comunicação entre a engenharia e o campo, e registrar as informações e os fatos ocorridos. O autor, exercendo o cargo de gerente de produção, foi responsável pelo auxílio na implantação e operação do sistema bem como pela coleta e tratamento dos dados.

Observou-se também o compromisso da empresa em relação à estratégia de cumprimento do prazo de entrega, planejamento e produtividade de seus empreendimentos, evidenciando o fato de que estes itens seriam referência para as análises dos dados obtidos através do estudo realizado.

4.1 - DESCRIÇÃO DA EMPRESA PESQUISADA.

A empresa em questão atua em São Paulo, Campinas e Rio de Janeiro, em empreendimentos de diversos tipos de obra. Está no mercado imobiliário há mais de 39 anos, com mais de 92 mil imóveis entregues e 22 milhões de m² construídos e em construção. A empresa pertence a um grupo canadense, presente em mais de 30 países, emprega mais de 80 mil funcionários e tem sob sua gestão mais de US\$ 330 bilhões de ativos. No Brasil, conta com aproximadamente 18 mil funcionários e mais de R\$ 60 bilhões de ativos sob sua gestão.

4.2 - DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO.

O empreendimento analisado é um condomínio residencial de padrão médio alto, com área total construída de 52.000,00 m² em um terreno de 17.572,91 m². O início da obra se deu em março de 2015, com conclusão em novembro de 2017, totalizando 32 meses. É composto por quatro torres, sendo: Torre 01 com um subsolo, Torre 02 com dois subsolos, Torre 03 com três subsolos e Torre 04 com dois subsolos. As torres 01 e 02 possuem 23 pavimentos tipo e as Torres 03 e 04 possuem 24 pavimentos tipo com unidades residenciais de 73 m² e 94 m², respectivamente.

O empreendimento conta ainda com área de jardins e lazer, composto de salão de festas, piscina aquecida coberta, piscina descoberta, quadra poliesportiva, campo de futebol, labirinto, salão de jogos, sala de ginástica, sauna e churrasqueira. As Figuras 3 e 4 representam a maquete digital do empreendimento e planta baixa padrão do apartamento, respectivamente, e a Figura 5 é a imagem atual do empreendimento.

A equipe de gerenciamento da obra foi composta por um gerente de obra, três gerentes de produção, cinco estagiários, um mestre de obra, cinco encarregados, um almoxarife e um administrativo, com seus respectivos auxiliares.

Figura 3- Maquete digital do empreendimento



Fonte: Empresa (2017).

Figura 4 - Apartamento tipo de 94m²



Fonte: Empresa (2017).

Figura 5 - Imagem atual do Empreendimento



Fonte: Empresa (2017).

Os edifícios foram construídos em estrutura de concreto armado reticulado, com vedação em alvenaria de blocos cerâmicos nos pavimentos tipo e barrilete, e alvenaria de blocos de concreto nos térreos e subsolos.

4.3 - COLETA DE DADOS

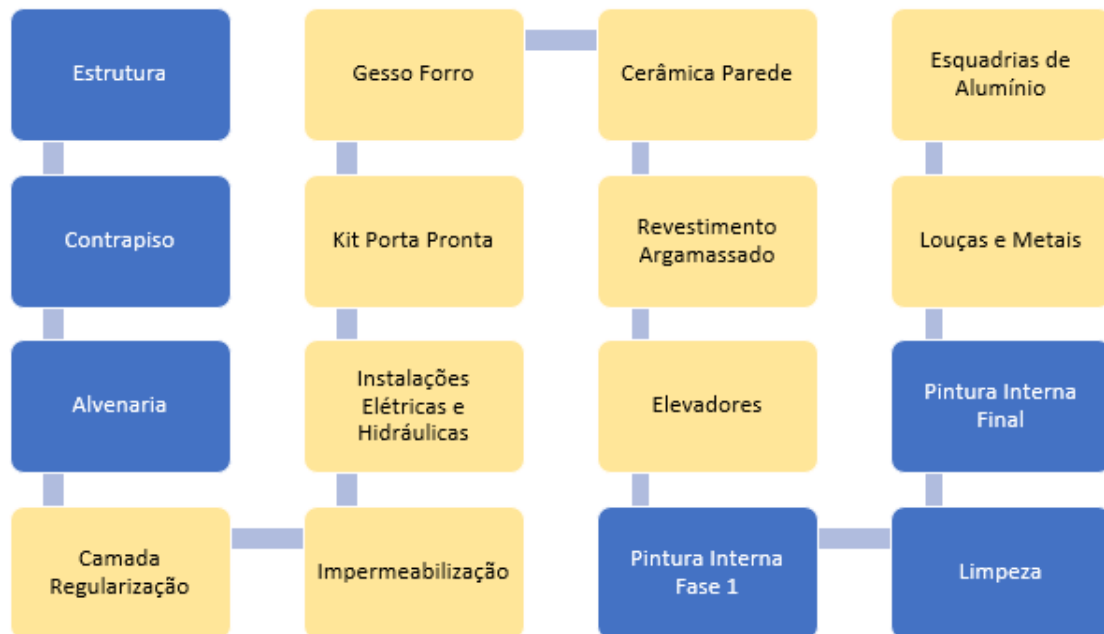
Os dados produzidos foram coletados do banco de dados do software base do sistema do *Andon*, tratados e expressos em gráficos com a utilização do Microsoft Excel®.

4.4 - DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Foi seguido o planejamento (construção em 32 meses) e os planos de ataque já estipulados para aquele empreendimento.

Optou-se por utilizar o sistema somente nos pavimentos tipo, baseando-se em Assumpção (1996), segundo o qual os pavimentos tipo representam cerca de 60% a 70% do volume de construção. A pesquisa ocorreu durante a execução dos serviços indicados em amarelo na Figura 6:

Figura 6 - Rede sequencial com os serviços controlados em destaque



Fonte: Macrofluxo elaborado pela empresa e adaptado pelo Autor.

O *Andon* começou a ser utilizado quando os serviços destacados em amarelo na Figura 6 já estavam em andamento. Portanto, foi necessário que os treinamentos para utilização das botoeiras fossem intensificados. A empresa não possuía mão de obra direta para execução dos serviços controlados. Somente os encarregados de obra eram funcionários próprios e auxiliavam na observação e orientação quanto ao uso do sistema no campo de trabalho.

O *Andon* foi utilizado durante 03 meses, permitindo acompanhar os serviços citados até sua conclusão. Após o término do terceiro mês o sistema não foi mais utilizado. Portanto, os serviços de acabamento fino (pintura e limpeza) não foram monitorados via *Andon*.

4.5 - PROCEDIMENTO DE PESQUISA.

4.5.1 - Acompanhamento do sistema *Andon*.

O autor elaborou a análise de ocorrências baseada nos problemas evidenciados em obra. Os registros (justificativas) do acionamento das botoeiras amarelas e vermelhas, respectivamente, alerta e parada de produção, são apresentados no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1 – Tipos de análises de ocorrências

TIPOS DE REGISTROS	DESCRIÇÃO
PROCEDIMENTO NORMAL	Não há providência a ser tomada, pois a equipe está procedendo corretamente, utilizando o <i>Andon</i> para sinalizar antecipadamente uma necessidade.
TREINAMENTO	Realizado em todos os casos onde é constatado que o serviço executado não atende ao requisito do sistema de gestão de qualidade da empresa.
MANUTENÇÃO	Casos em que a produção para devido ao mal funcionamento de equipamentos (bombas d'água, lixadeira, furadeira, etc.).
PLANEJAMENTO	Falta de proatividade por parte de membros das equipes de trabalho, referente à execução das atividades.
FALTA DE MATERIAL	Quando algum material solicitado não chegou no local de trabalho na data e hora programadas, impossibilitando a execução de serviços e provocando parada na produção.
ADEQUAÇÕES SISTEMA	Manutenção, alteração de posição e revisão de botoeiras. Ex.: alteração de local da prumada de botoeiras.
TERMINALIDADE	Serviço predecessor não havia sido finalizado, atrapalhando a entrada do serviço subsequente.
CONSERVAÇÃO SERVIÇO	Serviço executado havia sido danificado, atrapalhando a entrada do serviço seguinte e gerando retrabalho.
DÚVIDAS PROJETOS	Dúvidas relacionadas à execução dos serviços baseados nas especificações de projeto. Ex.: falta de entendimento da saída da paginação da cerâmica.
RECEBIMENTO SERVIÇO	Chamado para indicar término de serviço e posterior verificação e recebimento.
NÃO IDENTIFICADO	Paradas acima de 5 minutos sem justificativa (falha no preenchimento/ falha no sistema/ falha na comunicação).
CONDIÇÃO DE TRABALHO	Condição do ambiente de trabalho (bebedouros, água, banheiro, higiene).
TROTOS	Chamadas falsas, onde o responsável se locomove até o local e não identifica o problema e/ou responsável por ter acionado a botoeira.
OUTROS	Situações em que ocorreram fatos específicos e não recorrentes (intempéries, fiscalização por órgãos governamentais, visitas da diretoria).

Fonte: O autor (2018).

A pesquisa tomou como base a análise dos registros de status e as principais causas responsáveis pelas paradas na linha de produção. Esses registros foram levantados, quantificados, tratados e organizados hierarquicamente (Diagrama de Pareto). O objetivo foi gerar um gráfico de colunas com as frequências das ocorrências em ordem decrescente, o que permitiria a priorização dos problemas, procurando levar a cabo o princípio de Pareto (80% das consequências advêm de 20% das causas). Sua maior utilidade é permitir uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços em sua mitigação (TAGUE, 2004).

4.6 – IMPLANTAÇÃO DO *ANDON*

O funcionamento do dispositivo *Andon* adaptado ao canteiro de obras é simples. Conforme Figura 7, o sistema trabalha com a comunicação sem fio entre as botoeiras localizadas nos pavimentos que, quando acionadas, transmitem um sinal ao computador que, por sua vez, através de um servidor, gera as telas de controle de produção a serem explicadas no decorrer do capítulo.



Fonte: Citisystems (2018).

Após verificado que todas as premissas de segurança foram atendidas, e que as atividades a serem realizadas estão aderentes ao planejamento, a equipe responsável pela execução do serviço pressiona o botão, de cor verde, localizada no hall social, conforme Figuras 8 e 9.

Figura 8 - Botoeira de acionamento I



Fonte: O Autor (2017).

Figura 9 - Botoeira de acionamento II

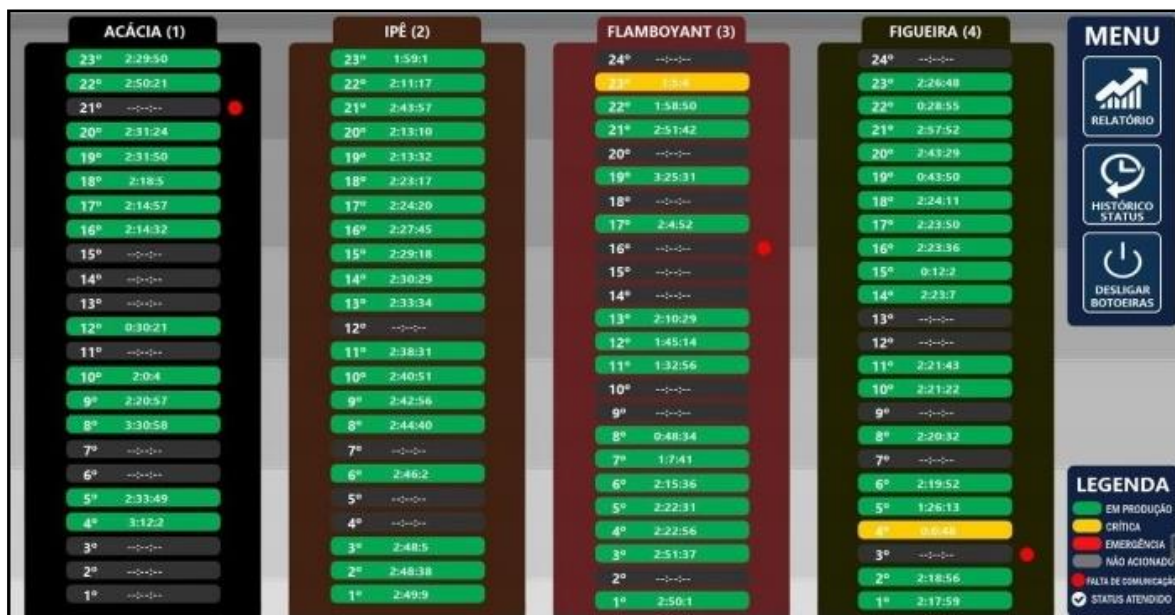


Fonte: O Autor (2017).

No decorrer do dia, fatores diversos podem vir a ocasionar parada na produção. No entanto, quando a iminência da parada é percebida pela equipe, esta aciona o botão de luz amarela para indicar que está ocorrendo algum problema, como por exemplo, falta de material, antes que a produção seja interrompida.

Na sala da engenharia da obra está instalada a tela de controle dos pavimentos (Figura 10), onde se pode visualizar a situação em que se encontra cada pavimento da edificação, através da leitura das cores apresentadas na tela: se o andar está em pleno trabalho (luz verde), se a atividade corre o risco de parar (luz amarela) ou se já está parada (luz vermelha).

Figura 10 - Quadro de controle do *Andon* dos pavimentos



Fonte: *Printscreen* da tela feita pelo Autor (2017).

Quando são acionadas as botoeiras vermelha ou amarela, estas deverão acender e sinalizar a condição no sistema, localizado na sala de engenharia, com alarme sonoro em caso de luz vermelha (vide Figura 10).

No instante em que o colaborador, em seu local de trabalho, aciona a botoeira de cor amarela, o pavimento correspondente começa a piscar na tela de controle do *Andon*. Neste momento o gestor fica ciente de que há alguma carência daquela equipe de produção que, caso não resolvida dentro de um período de trinta minutos, pode acarretar parada na produção.

Desta forma, os estagiários ou engenheiros que estiverem na sala da engenharia solicitam, via rádio, que o encarregado responsável pelo pavimento encaminhe-se até o local de trabalho

sinalizado e verifique qual é a dificuldade encontrada. Dependendo da causa do alerta, o próprio encarregado pode solucioná-la.

Caso o problema encontrado, e sua resolução, ultrapasse as competências do encarregado, este informa o engenheiro responsável e solicita que resolva o problema imediatamente. Em caso de incertezas relacionadas ao projeto, por exemplo, o encarregado aciona o engenheiro para que este possa esclarecer as dúvidas de imediato e consiga evitar a paralização da produção.

Se a dificuldade não for superada a tempo, a produção para, o que também deve ser sinalizado e justificado. Para isso, o colaborador aciona a botoeira de cor vermelha do *Andon*, que, além de ficar acesa na tela de controle da engenharia, também emite sinal sonoro. Nesse instante, o engenheiro solicita novamente que o encarregado analise o problema junto à equipe, de maneira a buscar a solução em caráter emergencial.

Ao realizar o atendimento, o responsável, na sala de engenharia, deverá identificar uma nova solicitação/ informação. Como resposta, o indicativo no painel de avisos será acionado fazendo com que o botão inicialmente pressionado pisque de forma ininterrupta dando ao trabalhador em campo a informação de que sua solicitação será atendida.

No modelo de operação deste sistema é sugerido que a pessoa que se deslocou até o pavimento para realizar o atendimento é quem deva desligar ou apertar o botão de volta para o status de produção (verde).

Os alertas gerados são registrados pela equipe de engenharia da obra (engenheiro ou estagiários) em um software específico do sistema, de forma a gerar uma base histórica de informações. Com essa base, conforme Figura 11, elas podem ser estudadas, analisadas e classificadas.

Figura 11 - Visualização do histórico de status do software padrão do *Andon*

ID	INICIO	FIM	DURAÇÃO	TORRE	PAVIMENTO	STATUS	JUSTIFICATIVA
7789	2016-09-27 16:24:14	2016-09-27 17:00:18	00:36:04	Torre 1	19º PAVIMENTO	Em Produção	
7786	2016-09-27 16:34:40	2016-09-27 17:00:18	00:45:30	Torre 3	20º PAVIMENTO	Emergência	
7778	2016-09-27 16:34:45	2016-09-27 16:24:14	00:09:29	Torre 1	19º PAVIMENTO	Emergência	TROTE
7776	2016-09-27 16:34:42	2016-09-27 16:34:40	00:00:06	Torre 3	20º PAVIMENTO	Em Produção	
7809	2016-09-27 16:11:53	2016-09-27 17:00:33	00:49:30	Torre 4	1º PAVIMENTO	Em Produção	
7777	2016-09-27 16:06:44	2016-09-27 16:34:45	00:54:57	Torre 1	19º PAVIMENTO	Crítica	TESTE DO ENCABEÇADO
7800	2016-09-27 16:09:00	2016-09-27 17:00:29	00:51:21	Torre 4	17º PAVIMENTO	Em Produção	
7789	2016-09-27 16:08:49	2016-09-27 17:00:29	00:51:40	Torre 4	16º PAVIMENTO	Em Produção	
7786	2016-09-27 16:08:30	2016-09-27 17:00:29	00:51:58	Torre 4	14º PAVIMENTO	Em Produção	
7795	2016-09-27 16:06:53	2016-09-27 17:00:20	00:53:27	Torre 3	9º PAVIMENTO	Em Produção	
7780	2016-09-27 15:25:05	2016-09-27 16:29:17	01:01:52	Torre 3	14º PAVIMENTO	Em Produção	
7782	2016-09-27 15:21:02	2016-09-27 17:00:18	01:39:36	Torre 3	10º PAVIMENTO	Em Produção	
7776	2016-09-27 15:12:56	2016-09-27 16:00:48	00:56:38	Torre 1	19º PAVIMENTO	Em Produção	
7783	2016-09-27 14:44:18	2016-09-27 17:00:18	02:15:40	Torre 3	21º PAVIMENTO	Em Produção	
7786	2016-09-27 14:35:09	2016-09-27 17:00:23	02:25:14	Torre 1	5º PAVIMENTO	Em Produção	
7788	2016-09-27 14:22:01	2016-09-27 17:00:18	02:38:17	Torre 3	23º PAVIMENTO	Emergência	
7784	2016-09-27 14:13:03	2016-09-27 17:00:20	02:48:57	Torre 3	8º PAVIMENTO	Em Produção	
7793	2016-09-27 14:10:33	2016-09-27 17:00:20	02:49:47	Torre 3	6º PAVIMENTO	Em Produção	
7791	2016-09-27 14:08:59	2016-09-27 17:00:20	02:51:21	Torre 3	4º PAVIMENTO	Em Produção	
7804	2016-09-27 14:07:44	2016-09-27 17:00:31	02:52:47	Torre 4	23º PAVIMENTO	Em Produção	
7803	2016-09-27 14:06:26	2016-09-27 17:00:29	02:54:03	Torre 4	22º PAVIMENTO	Em Produção	

Fonte: *Printscreen* da tela feita pelo Autor (2017).

Foi constatado que o sistema permite apontar as seguintes particularidades funcionais, condizente com Jorge Junior (2003):

- exibição dos status dos locais de trabalho;
- indicar o evento de um desequilíbrio e a busca por ações corretivas no tempo estipulado;
- dar autonomia ao gestor e líderes para reconhecer e solucionar problemas rapidamente;
- evitar que impasses sejam transferidos para o próximo trabalho;
- criar ambientes para possível melhoria contínua, por meio de aprendizado continuado;

4.7 - COLETA DE DADOS

A implantação do sistema *Andon* aconteceu em setembro de 2016, junto com os treinamentos das equipes de campo e de escritório. Os dados coletados referem-se aos meses de setembro, outubro e novembro de 2017.

Para melhor compreensão da eficácia do sistema, além da descrição qualitativa, criou-se um gráfico, baseado nos dados coletados, referente aos meses citados acima, onde, utilizando o diagrama de Pareto, se pôde classificar os problemas mais comuns que são responsáveis por cerca de 60% a 70% de toda a paralização da produção.

4.7.1 - Instalação do *Andon*, treinamento e custos.

A implantação dos softwares vinculados ao sistema *Andon*, inicia-se na instalação das botoeiras, localizadas em cada pavimento tipo da obra, das placas concentradoras e antenas, instaladas no térreo de cada torre e no painel de controle (registros) localizados na sala da engenharia, conforme descrito anteriormente.

Após a instalação e teste de todo o equipamento, foi realizado um treinamento com as equipes de campo e a equipe administrativa. Foram definidos os responsáveis pelo acompanhamento e manutenção do sistema *Andon*, bem como as devidas providências a serem tomadas a cada parada gerada pelos funcionários da produção.

O custo total de obra foi estimado em R\$ 101.540.686,32 (Data Base: 12/2013) e os serviços analisados com o sistema *Andon* correspondem a 42,47% do custo total da obra, conforme Quadro 2. Portanto, optou-se pelo monitoramento destes serviços por assumi-los como atividades críticas que influenciam diretamente na entrega e no resultado final do empreendimento. O serviço de execução de alvenaria já estava concluído quando o sistema foi implantado.

Quadro 2 – Composição para custo da obra

Item	Descrição dos Serviços	Custo Obra	% Obra	% Analisado	Custo Analisado
01	PROJETOS E SERVIÇOS TÉCNICOS	R\$ 2.342.699,66	2,31%		
02	PESSOAL PERMANENTE / ADMINISTRATIVO	R\$ 6.772.584,20	6,67%		
03	SERV. PRELIMINARES / IMPLANT. CANTEIRO	R\$ 1.682.783,49	1,66%		
04	OPERAÇÃO DE CANTEIRO	R\$ 1.300.031,61	1,28%		
05	EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS	R\$ 2.726.570,04	2,69%		
06	MOVIMENTO DE TERRA / TRABALHOS EM SOLO	R\$ 199.682,20	0,20%		
07	CONTENÇÕES	R\$ -	0,00%		
08	FUNDAÇÕES	R\$ 3.798.953,68	3,74%		
09	ESTRUTURA	R\$ 17.202.928,62	16,94%		
10	ALVENARIA, PAINÉIS E FECHAMENTOS	R\$ 4.729.728,41	4,66%		
11	COBERTURA	R\$ 182.361,37	0,18%		
12	IMPERM., ISOLAMENTOS E TRATAMENTOS	R\$ 2.474.726,16	2,44%	2,44%	R\$ 2.474.726,16
13	REVESTIMENTOS INTERNOS	R\$ 4.665.683,33	4,59%	4,59%	R\$ 4.665.683,33
14	REVESTIMENTOS EXTERNOS	R\$ 7.968.603,65	7,85%	7,85%	R\$ 7.968.603,65
15	FORROS	R\$ 1.292.284,38	1,27%		
16	PISOS INTERNOS	R\$ 1.549.714,58	1,53%		
17	PISOS EXTERNOS	R\$ 4.397.706,85	4,33%		
18	MÁRMORES E GRANITOS	R\$ 2.694.943,52	2,65%		
19	PINTURA	R\$ 3.600.736,69	3,55%		
20	ESQUADRIAS DE MADEIRA	R\$ 1.458.093,87	1,44%	1,44%	R\$ 1.458.093,87
21	ESQUADRIAS DE FERRO	R\$ 874.711,55	0,86%	0,86%	R\$ 874.711,55
22	ESQUADRIAS DE ALUMÍNIO	R\$ 7.418.896,18	7,31%	7,31%	R\$ 7.418.896,18
23	VIDROS	R\$ 11.865,00	0,01%		
24	LOUÇAS E METAIS	R\$ 896.378,71	0,88%	0,88%	R\$ 896.378,71
25	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	R\$ 8.067.724,63	7,95%	7,95%	R\$ 8.067.724,63
26	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS	R\$ 6.432.062,72	6,33%	6,33%	R\$ 6.432.062,72
27	OUTRAS INSTALAÇÕES	R\$ 2.039.112,37	2,01%		
28	ELEVADORES	R\$ 2.866.902,09	2,82%	2,82%	R\$ 2.866.902,09
29	SERVIÇOS COMPLEMENTARES / PAISAGISMO	R\$ 932.817,75	0,92%		
30	LIMPEZA	R\$ 431.339,03	0,42%		
97	EVENTUAIS E REVISÕES	R\$ 528.059,97	0,52%		
98	RISCOS	R\$ -	0,00%		
99	EXTRAS	R\$ -	0,00%		
		R\$ 101.540.686,32	100,00%	42,47%	R\$ 43.123.782,90

Fonte: Orçamento elaborado pela empresa e adaptado pelo Autor.

Todos os serviços monitorados pelo *Andon* foram executados por empresas terceirizadas. São eles: impermeabilizações, revestimento interno, revestimento externo, instalações, louças e metais, esquadrias e elevadores. Todos juntos correspondem a 42,47% (Quadro 2) do custo de execução da obra.

O custo total para fabricação, instalação e implantação do sistema na obra foi de R\$ 134.631,00 (Data Base: 05/2016), conforme detalhado no Quadro 3. Este valor incluía o pagamento mensal de R\$ 5.000,00 referente à assistência técnica *in loco* feita mensalmente por uma empresa especializada no sistema. A instalação do sistema correspondeu a um investimento de 0,13% em relação ao custo total da obra.

Quadro 3 – Custos para implantação do *Andon*

Escopo	Quant.	Un.	Preço Uni.	Preço Total
Caixas com botoeiras e proteção ip-65 com 4 botoeiras e 4 pictogramas em led disposto com placa de comunicação bi-direcional em rede rs-485 com cabos cat-5 em topologia de barramento com cobertura de até 1.000 metros e alimentação tipo poc (power over cable)	96	un.	R\$ 178,13	R\$ 17.100,00
Licença de software Indusoft.	1	un.	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
TV de 42".	1	un.	R\$ 1.200,00	R\$ 1.200,00
Servidor poweredge.	1		R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00
Placas concentradoras com conexão de até 31 terminais com interface via rádio e operação de 1km,no-break e bateria interna 12v 7ah para alimentação e manutenção com interface usb/serial para comunicação com placas concentradoras destinado ao programa servidor.	4	un.	R\$ 21.615,25	R\$ 86.461,00
Serviços de projeto, montagem de telas e relatórios.	1	un.	R\$ 10.870,00	R\$ 10.870,00
Assistência e manutenção <i>in loco</i>	3	mês	R\$ 5.000,00	R\$ 15.000,00
Data base: 05/2016			Total	R\$ 134.631,00

Fonte: Orçamento elaborado pela empresa e adaptado pelo Autor.

4.8 – ORIENTAÇÃO PARA O *ANDON*

Buscou-se explicar, com clareza e para toda a equipe, a metodologia para aplicação do sistema no canteiro de obras. Afim de encorajar e engajar as equipes de trabalho, explicou-se o que é o *Andon* e quais os objetivos da sua implantação. As reuniões eram realizadas com o intuito de dar credibilidade para o novo sistema e contar com a colaboração de todos. Foram abordados os tópicos a seguir.

4.8.1 – Apresentação do sistema

- O que é o *Andon*?;
- Apresentar o painel de controle do sistema (sala de engenharia) e as botoeiras localizadas nos pavimentos;
- Explicar o conceito histórico do *Andon* (indústria Toyota).

4.8.2 – O funcionamento do Sistema

- Explicar a diferença e importância de cada cor presente nas botoeiras e quadro de comando.

4.8.3 - Como se utiliza o sistema

- Como se deve proceder com os componentes do sistema *Andon*, ao surgir uma necessidade?;
- Indicar os tempos necessários de acionamento (verde – acionar ao começar/ finalizar o trabalho; amarelo – acionar 30 minutos antes da possível parada; vermelho – acionar assim que a produção for interrompida);
- Simplificar e permitir o entendimento do *modus operandi* do sistema para que comunicasse à sala técnica um eventual não-funcionamento, de modo que se pudesse buscar as causas e logo eliminá-las;
- Indicar os responsáveis pelo funcionamento do sistema *Andon*;
- Indicar o membro da equipe de administração da obra que seria o responsável pelo funcionamento do sistema;
- Engajar os funcionários quanto ao compromisso e induzi-los a “comprar a ideia” da alta gerência, indicando a responsabilidade de cada um quanto ao bom andamento da produção;
- Explicitar as vantagens da utilização do sistema;
- Ressaltar a possibilidade de maiores ganhos por parte das equipes de produção, decorrente da utilização do sistema;
- Mostrar a possibilidade de evitar, ou eliminar, atrasos de obra devido ao surgimento de necessidades das equipes de produção onde se poderia buscar uma solução definitiva.

4.9 - RESULTADOS

A verificação dos dados e as análises permitiram identificar os fatores responsáveis pelos alertas e pelas paradas na produção.

4.9.1 - Mês 1: Setembro/2016

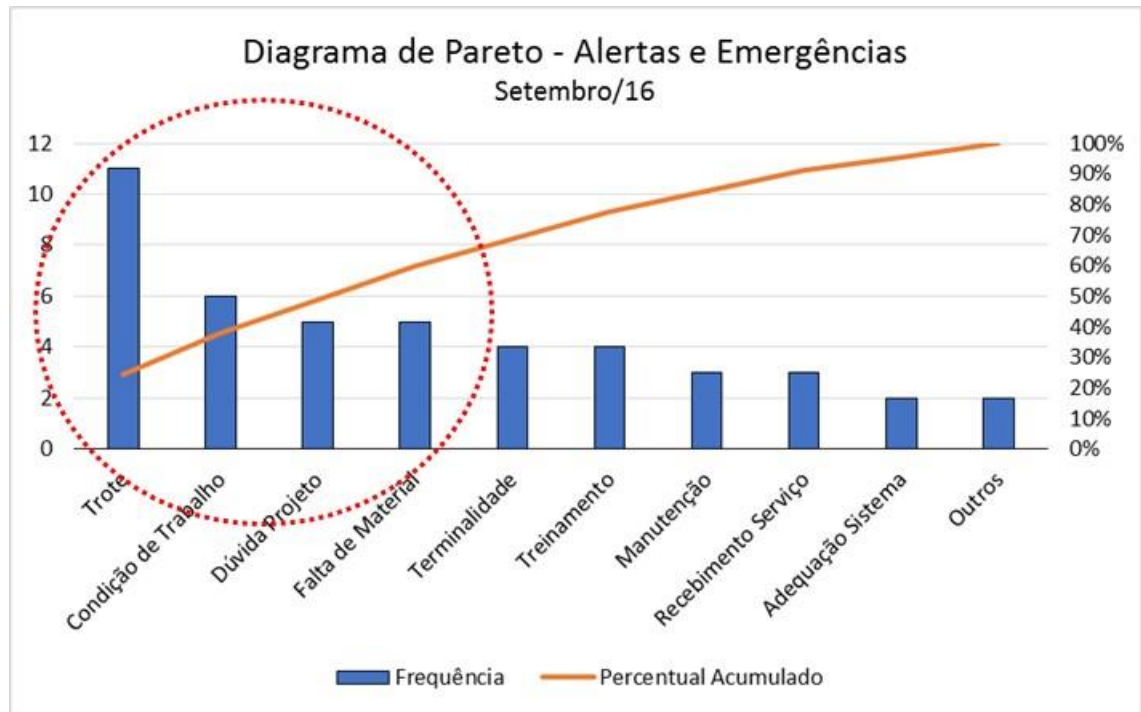
Tabela 1 – Análise de alertas e emergências na produção: Setembro/16

RESUMO ALERTAS/EMERGÊNCIA PRODUÇÃO - SET/16				
Causa da Parada	Frequência	Frequência Acumulada	Percentual	Percentual Acumulado
Trote	11	11	24,44%	24,44%
Condição de Trabalho	6	17	13,33%	37,78%
Dúvida Projeto	5	22	11,11%	48,89%
Falta de Material	5	27	11,11%	60,00%
Terminalidade	4	31	8,89%	68,89%
Treinamento	4	35	8,89%	77,78%
Manutenção	3	38	6,67%	84,44%
Recebimento Serviço	3	41	6,67%	91,11%
Adequação Sistema	2	43	4,44%	95,56%
Outros	2	45	4,44%	100,00%
TOTAL	45		100,00%	

Fonte: O Autor (2018).

Com a identificação e classificação das causas das emergências e paradas pode-se visualizar os itens de maior incidência, conforme Gráfico 1 a seguir:

Gráfico 1 - Alertas e emergências de paradas na produção: Setembro/16



Fonte: O Autor (2018).

O resultado da análise mensal do sistema *Andon*, representado no gráfico, possibilita a elaboração de estratégias que busquem eliminar as ocorrências de paradas na produção. O ponto de partida para o planejamento das estratégias são os itens de maior representatividade, considerados pontos críticos. Esses itens, no exemplo acima, podem ser identificados ao utilizarmos o diagrama de Pareto, onde 60% das emergências e paralisações na linha de produção em Setembro/16 foram causadas pelos seguintes fatores:

- Trote (24,44%);
- Condição de Trabalho (13,33%);
- Dúvidas de Projeto (11,11%);
- Falta de Material (11,11%).

A seguir está a explicação das causas responsáveis por 60% dos alertas e emergências elencados no Gráfico 1:

- Trote – indica a falta de maturidade por parte da equipe de campo em relação à implantação do novo sistema. Fica clara a necessidade de reforço nos treinamentos sobre o funcionamento do sistema *Andon*, principalmente em relação aos benefícios no auxílio da produção e aos malefícios que uma chamada indevida pode trazer (ex: tempo de locomoção do encarregado até o pavimento). É importante frisar, entretanto, que a partir do momento em que o funcionário percebe que suas necessidades são atendidas, ele passa a confiar no sistema e utilizá-lo;
- Condição de Trabalho – indica a falta de requisitos básicos para que o funcionário tenha condições de desenvolver seu trabalho. Podendo compreender, mas não se limitando a: falta de abastecimento de água na prumada, falta de tambor para coleta de água, falta de ponto de energia, queda de energia, distância superior a 5 andares para locomoção até o banheiro, falta de EPI's e, principalmente, ambiente inseguro para realização do trabalho. Especificamente, para o exemplo acima, o problema indicado foi a falta de água na prumada devido à instalação do bebedouro;
- Dúvidas de Projeto – indica dúvidas relacionadas ao projeto e/ou métodos executivos. No exemplo acima identificou-se que o gesseiro estava com dúvida em relação ao projeto e que o ceramista estava com dúvida em relação à saída da paginação do piso do box em relação ao ralo;
- Falta de Material - indica a falta de material para realização do serviço, seja ele aplicado ou para auxílio na execução (armagassadeira, colher, espátula e etc.). Ex.: foram identificadas falta de piso cerâmico para ceramista e argamassadeira, e falta de rodopás para execução do chapisco da fachada.

Foram examinadas também, no decorrer das análises, questões relacionadas à capacidade do sistema produtivo. Estas faziam referência aos momentos de máxima produção, quando foi reconhecida insuficiência de maquinários para transporte de materiais (cremalheira) para atender à demanda de ensacados da equipe de emboço.

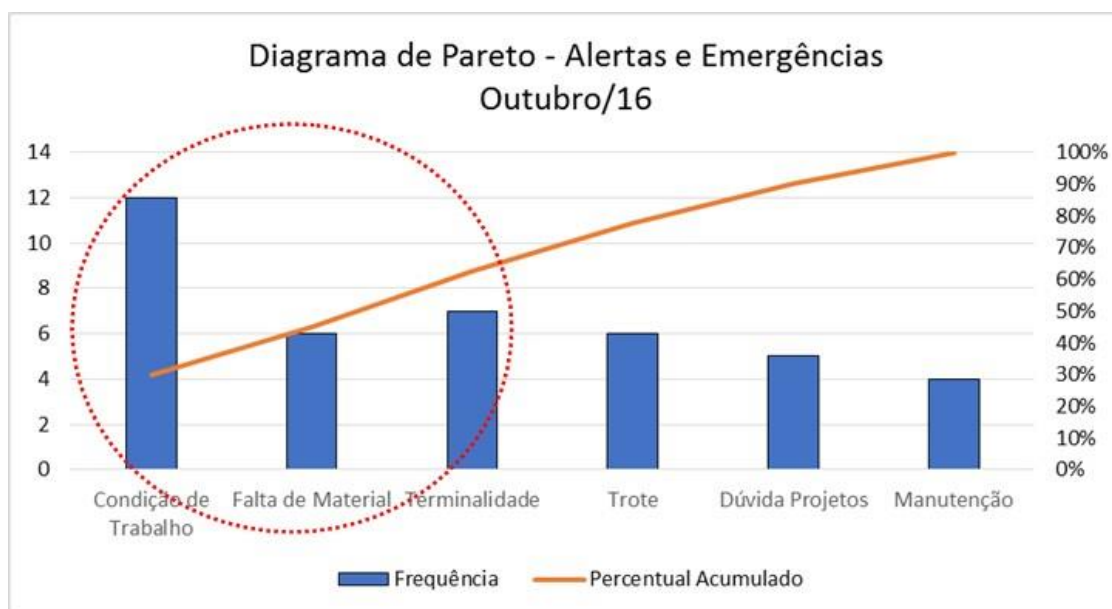
4.9.2 - Mês 2: Outubro/2016

Tabela 2 - Análise de alertas e emergências na produção: Outubro/16

RESUMO ALERTAS/EMERGÊNCIA PRODUÇÃO - OUT/16				
Causa da Parada	Frequência	Frequência Acumulada	Percentual	Percentual Acumulado
Condição de Trabalho	12	11	30,00%	30,00%
Falta de Material	6	17	15,00%	45,00%
Terminalidade	7	24	17,50%	62,50%
Trote	6	30	15,00%	77,50%
Dúvida Projetos	5	35	12,50%	90,00%
Manutenção	4	39	10,00%	100,00%
TOTAL	40		100,00%	

Fonte: O Autor (2018).

Gráfico 2 - Alertas e emergências de paradas na produção em Outubro/16



Fonte: O Autor (2018).

Para o mês de outubro/16, as três principais causas identificadas no Gráfico 2 são responsáveis por 62,5% das emergências e paralisações na linha de produção:

- Condição de Trabalho (30,00%);
- Falta de Material (15,00%);
- Terminalidade (17,50%).

A seguir está a explicação das causas responsáveis por 62,50% dos alertas e emergências elencados no Gráfico 2:

- **Condição de Trabalho** – indica a falta de requisitos básicos para que o funcionário tenha condições de desenvolver seu trabalho, conforme explicação do Gráfico 1 (setembro). Especificamente, no exemplo do Gráfico 2, o problema indicado foi a falta de água na prumada comprovando o fato de que nesse período a bomba de recalque estava com problemas de manutenção; também foi identificada falta de energia nos pontos elétricos da escada, indicando problema na alimentação da prumada elétrica provisória;
- **Falta de Material** – indica falta de material para realização do serviço, seja ele aplicado ou em auxílio de execução. No exemplo identificou-se a falta de piso cerâmico e argamassa ACII para que o ceramista pudesse executar seu trabalho.
- **Terminalidade** – indica a não finalização do serviço ou que o encarregado responsável pelo setor aceitou determinado trabalho sem conferir, atrasando assim a liberação do serviço subsequente. No exemplo acima foram identificados problemas em caixas de passagem (travando a instalação hidráulica); problemas com regularização do piso do banheiro, impedindo a entrada da impermeabilização; identificou-se também que determinado banheiro não havia passado no teste de estanqueidade (impermeabilização), não liberando, no tempo hábil, frente para execução do contrapiso e revestimento cerâmico.

Observou-se que nesse mês ocorreu uma redução nos índices de trotes, de 24,40% no mês de Setembro/16 para 15,00% no mês de Outubro/16. Esta análise indica que os treinamentos e reuniões para mitigar esta ocorrência estavam surtindo efeito.

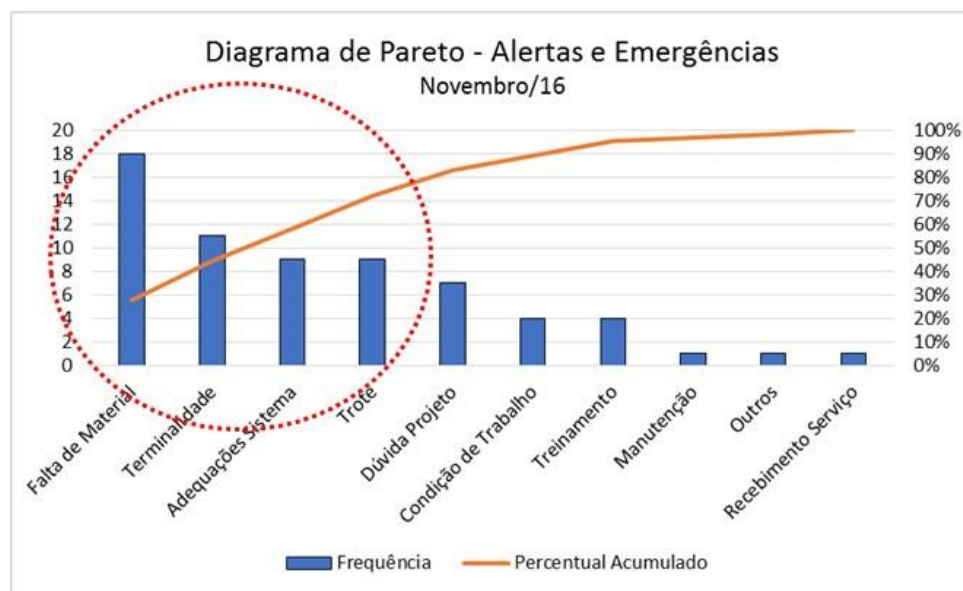
4.9.3 - Mês 3: Novembro/2016

Tabela 3 - Análise de alertas e emergências na produção: Novembro/16

RESUMO ALERTAS/EMERGÊNCIA PRODUÇÃO - NOV/16				
Causa da Parada	Frequência	Frequência Acumulada	Percentual	Percentual Acumulado
Falta de Material	18	18	27,69%	27,69%
Terminalidade	11	29	16,92%	44,62%
Adequações Sistema	9	38	13,85%	58,46%
Trote	9	47	13,85%	72,31%
Dúvida Projeto	7	54	10,77%	83,08%
Condição de Trabalho	4	58	6,15%	89,23%
Treinamento	4	62	6,15%	95,38%
Manutenção	1	63	1,54%	96,92%
Outros	1	64	1,54%	98,46%
Recebimento Serviço	1	65	1,54%	100,00%
TOTAL	65		100,00%	

Fonte: O Autor (2018).

Gráfico 3 - Alertas e emergências de paradas na produção em novembro/16



Fonte: O Autor (2018).

No mês de Novembro/16, as principais causas identificadas no Gráfico 3 possuem quatro itens responsáveis por 72,31% das emergências e paralisações na linha de produção:

- Falta de Material (27,69%);
- Terminalidade (16,92%);
- Adequações Sistema (13,85%);
- Trote (13,85%).

A seguir está a explicação das causas responsáveis por 72,31% dos alertas e emergências elencados no Gráfico 3:

- Falta de Material – No exemplo acima foi identificada com maior incidência a falta de material cerâmico (argamassa ou piso) para a execução do revestimento interno; identificou-se também a falta de soleiras e baguetes no pavimento.
- Terminalidade – No exemplo acima foram identificados problemas em pontos de janelas que precisavam ser escareados para arremate do requadro; continuidade na cerâmica para liberação do forro e shafts de placas de gesso fora de esquadro, impedindo o assentamento da cerâmica.
- Adequações Sistema – Este item indica a possibilidade de se enxergar novas maneiras de utilização do sistema; mudanças implementadas de acordo com necessidades que surgiam no cotidiano; revisão de botoeiras e manutenção. No exemplo acima foi identificado que a instalação das botoeiras no shaft de elétrica atrapalhou o início da execução da prumada elétrica, houve então um ponto de atenção para futuras instalações.
- Trote – Apesar do item aparecer entre as principais causas das chamadas nesse mês, seu percentual, em relação aos meses anteriores, continuou diminuindo. Foram de 24,40% no mês de setembro/16 para 15,00% no mês de outubro/16 e 13,85% no mês de novembro/16.

Foi observado que no mês de novembro a maior incidência foi a falta de material, principalmente a falta de argamassa de assentamento (ACII), e peças de cerâmica para

revestimento interno. Em comparação com os meses anteriores, teve-se 11,11% em setembro/16; 15,00% em outubro/16 e 27,69% no mês de novembro. Pôde-se também perceber que com a diminuição do percentual de trotes o número de chamados tendeu a aumentar para determinado problema e, nesse caso, é nítido o incremento no índice “Falta de Material”, tornando-se o problema com maior crescimento durante esses três meses.

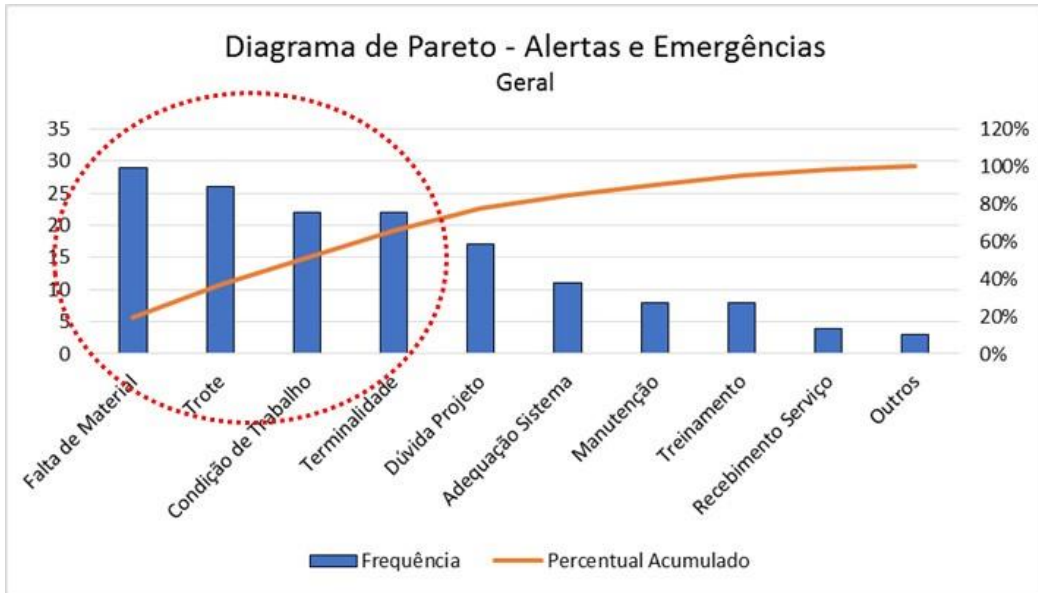
4.9.4 – Geral: Setembro, Outubro e Novembro

Tabela 4 - Análise de alertas e emergências na produção: Geral (Set/Out/Nov/16)

RESUMO ALERTAS/EMERGÊNCIA PRODUÇÃO - Geral				
Causa da Parada	Frequência	Frequência Acumulada	Percentual	Percentual Acumulado
Falta de Material	29	29	19,33%	19,33%
Trote	26	55	17,33%	36,67%
Condição de Trabalho	22	77	14,67%	51,33%
Terminalidade	22	99	14,67%	66,00%
Dúvida Projeto	17	116	11,33%	77,33%
Adequação Sistema	11	127	7,33%	84,67%
Manutenção	8	135	5,33%	90,00%
Treinamento	8	143	5,33%	95,33%
Recebimento Serviço	4	147	2,67%	98,00%
Outros	3	150	2,00%	100,00%
TOTAL	150		100,00%	

Fonte: O Autor (2018).

Gráfico 4 - Análise de alertas e emergências na produção: Geral (Set/Out/Nov/16)



Fonte: O Autor (2018).

Analisando os resultados dos três meses, temos como principais causas quatro itens que representam 66% de todos os alertas e emergências, conforme exibido no Gráfico 4:

- Falta de Material (19,33 %);
- Trote (17,33 %);
- Condição de Trabalho (14,67 %);
- Terminalidade (14,67 %).

A seguir está a explicação das causas responsáveis por 66,66% dos alertas e emergências elencada no Gráfico 4:

- Falta de Material – Iniciou em Setembro com 11,11% dos registros, Outubro com 15,00% e Novembro com 27,69%. As atividades eram as mesmas nos três meses, logo, assume-se que o acréscimo nesse item pode indicar maior adesão da utilização do sistema pelos funcionários.

- Trote – Na consolidação dos três meses analisados, nota-se claramente que o percentual de trotes diminuiu. Em Setembro os trotes correspondiam a 24,44% dos chamados, em Outubro caiu para 15,00% e em Novembro para 13,85%. Com base nesses dados pode-se afirmar que os treinamentos ministrados a equipe de campo tiveram resultado positivo. Outro ponto que corrobora este fato é o item “falta de material” que cresceu de 11,11%, em Setembro, para 27,69%, em Novembro, levando-nos a crer que os chamados considerados trotes foram direcionados para causas reais e solucionáveis.
- Condição de Trabalho – Conforme os registros realizados em Setembro (13,33%), Outubro (30,00%) e Novembro (6,15%), a maior variação em Outubro foi afetada pelos problemas com a bomba de recalque de água que necessitava de manutenção. A bomba alimentava a torre e sua quebra atrapalhou a execução dos trabalhos em geral. Também foi identificada falta de energia nos pontos elétricos da escada, indicando problema na alimentação da prumada elétrica provisória;
- Terminalidade – Conforme os registros realizados em Setembro (8,89%), Outubro (17,50%) e Novembro (16,92%), a variação significativa deste item deve-se à sua complexidade, pois trata-se de analisar a conclusão dos serviços previamente realizados que liberam a execução da tarefa subsequente. No exemplo acima foram identificados problemas em pontos de janelas que precisavam ser escareados para arremate do requadro; drywall fora de esquadro, continuidade na cerâmica para liberação do forro e shafts de placas de gesso fora de esquadro, impedindo o assentamento da cerâmica.

4.10. – IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS RAÍZES

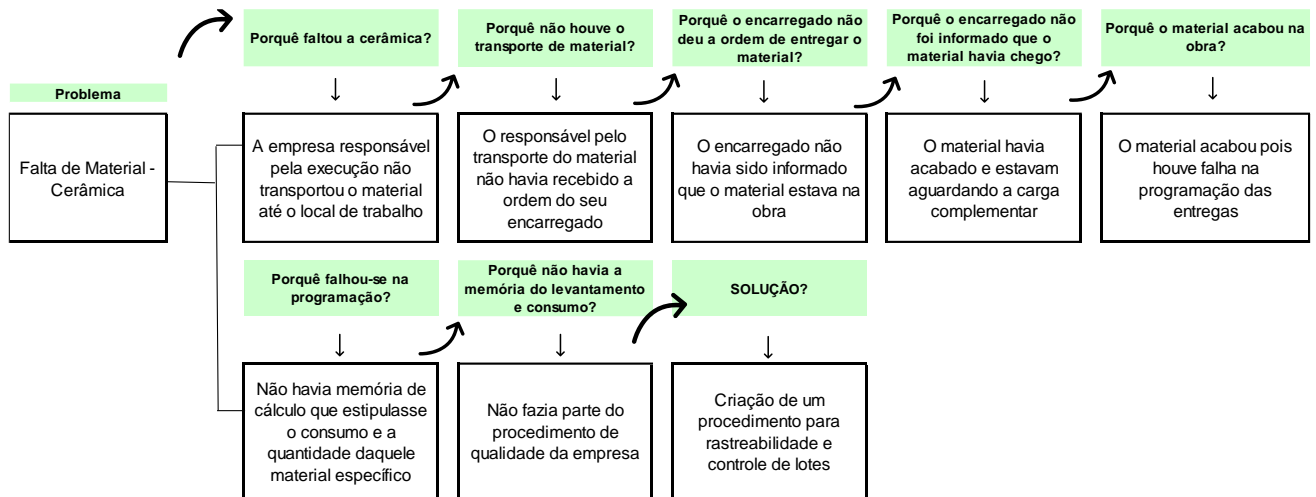
Buscou-se também, além dos fatores de parada, a identificação das causas raízes dos problemas. Utilizou-se para isso a técnica dos “5 por quês”, com base nos dados apresentados nos resultados do item 4.8.4 – Geral: Setembro, Outubro e Novembro, onde é dado o resumo das causas das paralizações. Para Jan (2013), a técnica apresenta uma sequência finita de perguntas que podem ser usadas para analisar características básicas de sistemas de processos de melhoria nas organizações.

Idealizada por Sakichi Toyoda, a técnica dos “5 por quês” baseia-se em, destrinchar cada problema elencado e perguntar os porquês de cada assunto. Os “5 por quês” usam “contramedidas” em vez de soluções, pois têm como objetivo idealizar ações que evitem que o problema surja novamente, tratando diretamente a causa e não apenas os sintomas. Deste modo, as contramedidas são mais robustas e provavelmente evitarão que o problema se repita (WEISS,2011).

4.10.1 – Causa raiz para falta de material: cerâmica e argamassa

A Figura 12 apresenta, através do método dos 5 “Por ques”, a identificação da causa raiz do problema de falta de material cerâmico. Neste caso observou-se que se tratava de um problema sistêmico, levantando a necessidade de se criar um procedimento para controlar a rastreabilidade e o estoque de material cerâmico.

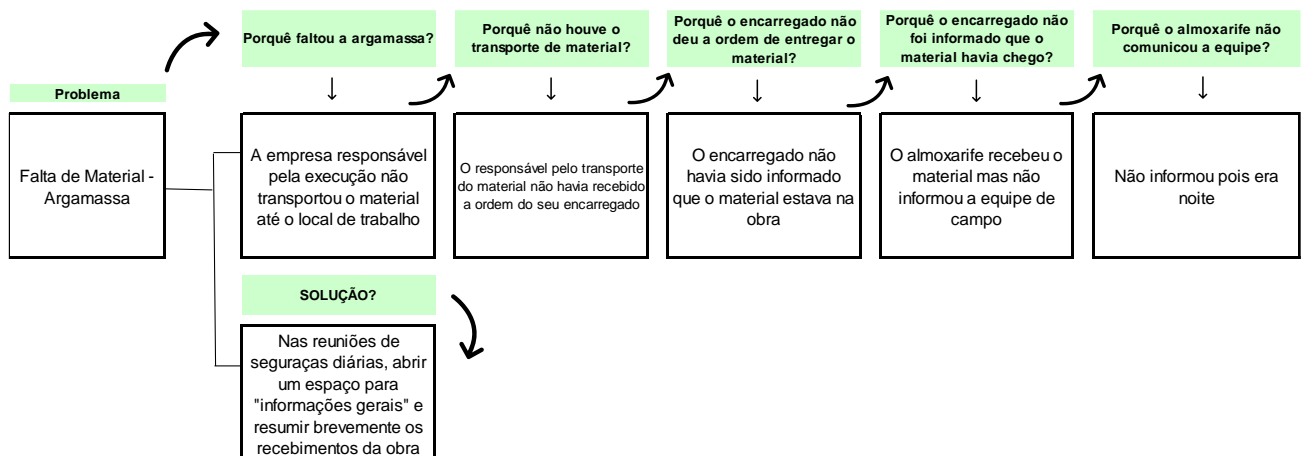
Figura 12 – Identificação da causa raiz para falta de material cerâmico



Fonte: O Autor (2018).

Na Figura 13, o problema identificado foi o de falha de comunicação. Não houve clareza na comunicação do encarregado da terceirizada com o almoxarife da contratante. Para isso foi criado um espaço de informações gerais durante as reuniões de segurança.

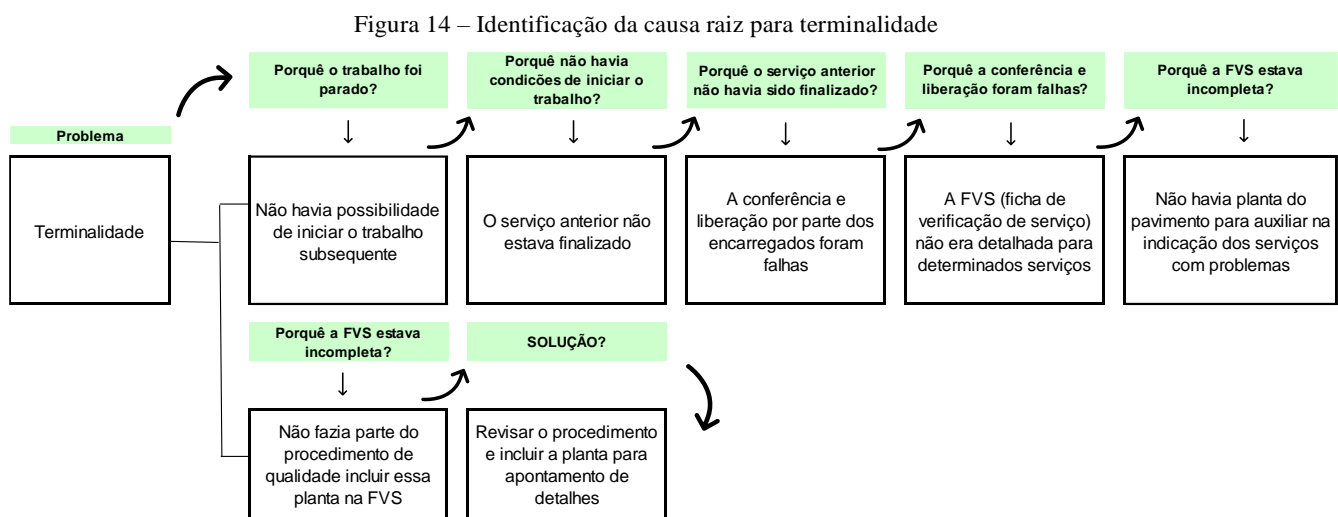
Figura 13 – Identificação da causa raiz para falta de material argamassado



Fonte: O Autor (2018).

4.10.2 – Causa raiz para terminalidade

O problema com a terminalidade e sequenciamento das atividades foi identificado na Figura 14, essa falha se deu pois não havia informação suficiente na Ficha de Verificação de Serviço (FVS) que permitisse a identificação precisa da falha do serviço executado e sua correção antes de liberar a atividade predecessora. Para corrigir isso o procedimento foi revisado e a incluiu-se a planta para apontamento dos detalhes como sugestão.

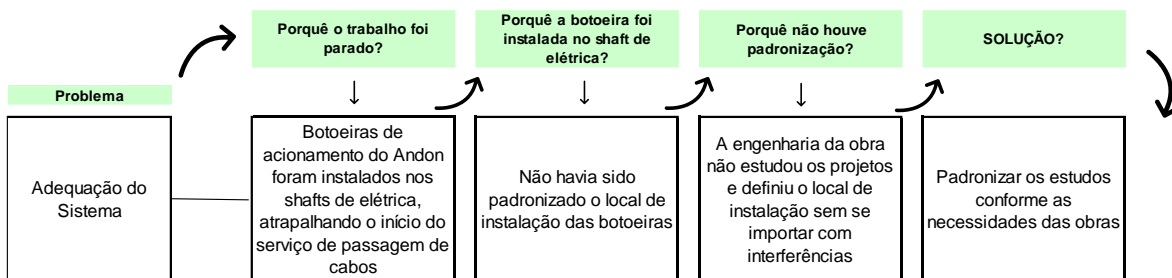


Fonte: O Autor (2018).

4.10.3 – Causa raiz para adequação do sistema

A Figura 15 indica um problema de adequação de sistema. Sua causa raiz é dada baseando-se na falha de análise e estudo do local de instalação das botoeiras do sistema *Andon*. Para isto, padronizou-se os estudos de implantação para potenciais novas obras que optem por sua utilização.

Figura 15 – Identificação da causa raiz para adequação do sistema

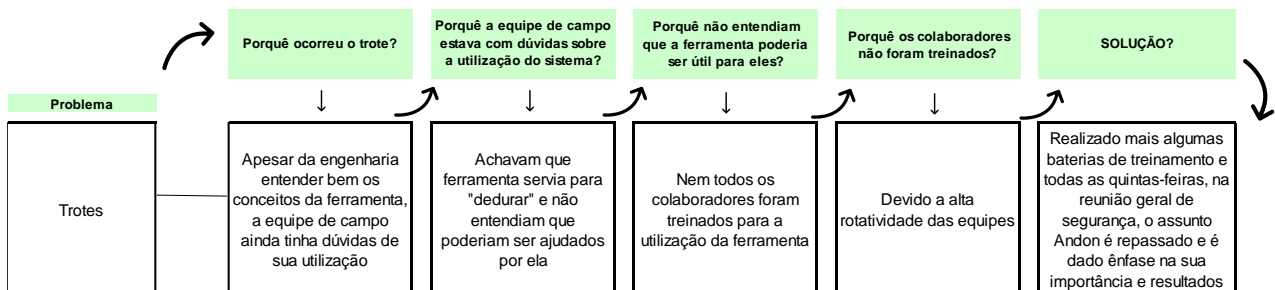


Fonte: O Autor (2018).

4.10.4 – Causa raiz para trote

Na Figura 16 o problema identificado foi com os trotes. Apesar de toda administração da obra entender o conceito e o funcionamento do sistema, houve falha no treinamento e na transmissão da importância da correta utilização do sistema, que poderia facilitar o desenvolvimento dos trabalhos dos colaboradores. Para a fixação do conceito e engajamento da equipe, foram realizados mais alguns treinamentos, e os resultados foram significativos, conforme indicado no estudo de caso.

Figura 16 – Identificação da causa raiz para trote



Fonte: O Autor (2018).

5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A presente pesquisa teve como objetivo a utilização do sistema *Andon* em uma obra residencial vertical com edifícios de múltiplos pavimentos.

O sistema *Andon* possibilitou o rápido reconhecimento de problemas na linha de produção da obra, pois seus sinais luminosos provindos do quadro de comando na sala técnica permitiram à gerência da obra identificar e agir diretamente no problema.

A análise da aplicação do sistema evidenciou o alto índice de trotes registrados. Identificou-se a necessidade de que o gerente de obra treine, capacite e engaje toda sua equipe de campo, processo que leva tempo e exige amadurecimento de toda a equipe de trabalho.

O *Andon* foi utilizado também como um sistema de gestão e melhorias do processo. Inicialmente tido como um sistema de controle, ele se mostrou eficaz também como um sistema de coleta e armazenamento de dados, que permitiram, através da identificação das causas raízes dos problemas, revisar e inserir melhorias nos procedimentos da empresa. Os problemas foram elencados e priorizados, com foco em sua mitigação, visando possíveis reincidências.

É importante observar também, que o sistema se vale de hardware, software, antenas e computadores, entre outros, mas sua utilização é simples e intuitiva. O processo de operação, desde o acionamento até a resolução do problema indicado é prático e de fácil entendimento para todos os operadores na obra. A comunicação visual (botoeiras luminosas) facilita sua implantação e independe do grau de instrução prévia das equipes de trabalho.

As dificuldades encontradas são ligadas, principalmente, à mudança de mentalidade e atitude de cooperação e incorporação à rotina de trabalho por parte dos colaboradores. Uma prova disso é, que após os treinamentos ministrados, houve redução dos trotes em aproximadamente 10% até seu 3º mês de uso.

Pode-se concluir que o sistema *Andon* auxilia no processo de produção e de melhoria contínua, e que pode ser aplicado em ambientes de construções verticais, objetivando aumentar a estabilidade, detectar problemas rapidamente, aprender com os problemas e buscar eliminar sua reincidência, contribuindo para a melhoria do desempenho da obra e da empresa.

Como conclusão da pesquisa, observou-se também pontos e oportunidades para trabalhos futuros, conforme segue:

- implantação da utilização do sistema em locais estratégicos das áreas comuns dos edifícios (subsolos, térreo e implantação) e nos equipamentos (cremalheira, grua, elevadores de serviço, plataformas e etc.).
- inserção de indicadores que avaliem a eficácia da produção (exemplo: horas em produção x horas em alerta; horas em produção x horas em emergência; relação horas em produção x n° funcionários; relação horas paradas x n° funcionários; relação de chamados de emergência x n° funcionários e etc.).
- padronização de documentos para engajamento dos funcionários, sistematização de tarefas e reciclagem quanto à utilização do equipamento.

Recomenda-se por fim, implantar o *Andon* nos demais canteiros da empresa e validar o sistema como um método de melhoria da eficiência na gestão da produção.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, O. L., Sistemas de Manufatura. Volume 1. UNICAMP, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12721/2005: Avaliação Custos Unitários para Incorporação de Edifícios - Procedimento. Rio de Janeiro. 2005

ASSUMPÇÃO, J. F. P. Gerenciamento de empreendimentos na construção civil: modelo para planejamento estratégico da produção de edifícios / J.F.P. São Paulo: EPUSP, 1996. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/173).

BALLARD, G. The last planner system of production control. 2000. 192f. Thesis (Doctor of Philosophy) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.

BARROS NETO, J. P.; HEINECK, L. F. M.; SOUZA, D. P. A aplicação dos princípios da mentalidade enxuta na construção civil: os exemplos de Fortaleza/CE. In: ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 29, 2005, Brasília.

BURGOS, André Perroni; FALCÃO, Daniel Ferreira. *Lean Construction - O desafio da sua aplicação na construção civil*. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DA LARES, 15., 2015, São Paulo. Anais.. São Paulo: Lares - Latin American Real Estate Society, 2015. p. 1 - 14.

CAETANO, A. G. L. S.; Meireles, G. S. C.; Oliveira, J. F. G.; Sousa, G. W. L., Informações de chão de fábrica num ambiente de manufatura integrada. In: Congresso e exposição internacionais da tecnologia da mobilidade, 8., São Paulo, 1999. SAE Brasil 99. São Paulo, SAE do Brasil (SAE Technical Paper Series, 1999-01-3021). 2000

CATTANI, Airton. Alfabetização gráfica de operários da construção civil. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPEd - Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação, 17., 1994, Caxambu. Resumos dos trabalhos e Comunicações. Caxambu: ANPEd, 1994c

CAVALCANTE V. C. Sistematização e incorporação de elementos gerenciais tácitos à linha de balanço de uma empresa para planejamento de edifícios altos. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará. CE. 2010.

MARCHWINSKI, Chet; SHOOK, Kohn; SCHOEDER, Alexis. *Léxico Lean: glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean*. 4. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2011. 130 p.

CITISYSTEMS. Estruturação do Sistema *Andon*. Disponível em:
<<https://www.citisystems.com.br/andon-para-construcao-civil>>. Acesso em: 08 maio 2018.

COELHO, Henrique Otto. Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil. Porto Alegre: UFRGS/PPGEC, 2003. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 134p.

CÔRREA, Henrique L.; GIANESE, Irineu G. N.; CAON, Mauro. Planejamento, programação e controle da produção. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

FARAH, M. F. F. Tecnologia, processo de trabalho e construção habitacional. Tese (Doutorado em Sociologia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

FORMOSO, C. T. *Lean Construction*: princípios básicos e exemplos. In: Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obras. Porto Alegre, v. 15, p. 50-58, 2002.

FRANCELINO, Thiago R. et al. Inovações Tecnológicas e gerenciais em uma empresa construtora de pequeno porte sem a utilização de tecnologias caras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., 2006, Florianópolis. Anais. Florianópolis: ENTAC, 2006. p. 1 - 10.

GHINATO, P. Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-intime. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 1996, 175p.

GREENFIELD, R. A. B. Desenvolvimento de um sistema *Andon* para sistemas de produção lean. 2009. 59 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal.

HEINECK, L., F., H. et al. Coletânea Edificar Lean: Construindo com Lean Management, v.1. Fortaleza: Expressão Gráfica Editora, 2009.

HOWELL, G. *What is lean construction*. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR *LEAN CONSTRUCTION*, 7., 1999, Berkeley.

IBGE: População Economicamente ativa, Rio de Janeiro: IBGE, 2017

JORGE JUNIOR, Roberto. Análise da aplicação do sistema *Andon* em diferentes ambientes de montagem /Junior. Campinas, SP: [s.n.], 2003. Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

JAN M. MYSZEWSKI. On improvement story by 5 whys, The TQM Journal, Vol. 25 Issue: 4, pp.371-383, 2013.

LEONI, Juliene Navas. Avaliação dos Benefícios Trazidos às Empresas da Construção Civil pela Implantação do PBQP-H. 2010. 65 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

KELLER Augustus Zanoni de Oliveira. Desenvolvimento e implementação de um sistema de indicadores no processo de planejamento e controle da produção. Porto Alegre, 1999 Dissertação (mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. Stanford, 1992. Stanford University, Centre for Integrated Facility Engineering, USA. Technical Report n. 72.

KOSKELA, L.; An exploration towards a production theory and its application to construction. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Helsinki University of Technology, Espoo.

LAKATOS, Eva M; MARCONI, Maria de A.; Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MATTOS, A. D. Planejamento e Controle de Obras. 1. ed. São Paulo: PINI, 2010.

MOURA, Rafael S. L. M.; BERTINI, Alexandre A.; HEINECK, Luiz Fernando M. CATÁLOGO DE INOVAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção - Cbic, 2016. 137 p.

MONDEN, Y. Toyota production system: an integrated approach to just in time / Yasuhiro Monden. London: Chapman and Hall, 1994.

NAKAMURA, J. Cronograma Crítico. 159 ed. São Paulo, Pini, 2010

NANCY, R. Tague (2004). (Seven Basic Quality Tools). The Quality Toolbox. Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality. p. 15

NBR 12721/2005

NOVAES, Marcos de Vasconcelos. O uso do *Andon* na construção civil - o caso de uma obra vertical residencial em Fortaleza - CE. 2008. 176 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008. Cap. 2.

OHNO, T. O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997, 149p.

PERETTI, Luiz Celso. Aplicação das ferramentas da construção enxuta em construtoras verticais na região metropolitana de São Paulo: estudo de casos múltiplos. 154 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Municipal de São Caetano do Sul, São Caetano do Sul, 2013. Disponível em: <<http://repositorio.uscs.edu.br/handle/123456789/335>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

PICCHI, Flávio Augusto. Oportunidades da aplicação do *Lean Thinking* na construção. Ambiente Construído: Revista da Antac, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p.7-23, 17 jul. 2003. Trimestral.

ROCHA, Francisco; HEINECK, Luiz F.; RODRIGUES, Izabel T. de; PEREIRA, Pedro E. Logística e Lógica na Construção *Lean* – um processo de gestão transparente na construção de edifícios, Fortaleza: Fibra Construções Ltda.. 2004.

SHINGO, Shigeo A study of the Toyota Production System. Cambridge, M.A. Revised Edition, Productivity Press, 257pp., 1989.

SLACK, Nigel et al. Administração da Produção: Edição Compacta. São Paulo: Atlas, 2006, 1997. 525 p. (10. reimpressão 2006). Revisão Técnica Henrique Corrêa, Irineu Gianesi, Vários tradutores.

SELEME, Robson. Modelo de implantação de sistema de informação gerencial com monitoramento e feedback contínuo aplicado na construção civil. Dissertação Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000

SOUZA, U. E. L. de; AGOPYAN, V.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. de. Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obras : A Quebra do Mito. Anais do Simpósio Nacional. PCC/EPUSP. pp. 01 – 48, São Paulo, 1999.

TAGUCHI, G., Elsayed, A., Engenharia da Qualidade em Sistemas de Produção. Tradução: Regina C. Loverri, Mc Graw Hill, 1990.

TOLEDO, N. N. Metodologia para o desenvolvimento de produtos para serem fabricados em série. São Paulo, 1994. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Triviños, A. N. S. (1987). Introdução à pesquisa em ciências sociais: A pesquisa qualitativa em educação. São Paulo, SP: Atlas.

TUBINO, Dalvio Ferrari. Sistemas de Produção: a produtividade no chão de fábrica. Porto Alegre:Bookman,1999.

VERGARA, Silvia Constant. Projetos e relatórios de pesquisa de administração. São Paulo: Atlas, 1997

VERGNA, J. Formação e gerência de redes de empresa de construção civil: sistematização de um modelo de autores e recursos para obras de edificações. São Carlos, SP, Brasil, 2007

WEISS, A.E. Key business solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know. Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2011.

WERKEMA, M. C. C. Lean Seis Sigma – Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing. 1. ed. Belo Horizonte : Werkema, 2006.

WOMACK, J. P.; Jones, D.T.; Roos, D. A Máquina que mudou o mundo Ed Campus 13ª edição,1992.