



## **ANÁLISE DA APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE GERENCIAMENTO DO VALOR AGREGADO (EVM) EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO ENXUTA**

### **ANALYSIS OF THE APPLICATION OF THE EARNED VALUE MANAGEMENT (EVM) TECHNIQUE IN LEAN CONSTRUCTION PROJECTS**

Luis Felipe Cândido \* E-mail: [luisfcandido2015@gmail.com](mailto:luisfcandido2015@gmail.com)  
Juliana Quinderé Carneiro \*\* E-mail: [juliana@avalengenharia.eng.br](mailto:juliana@avalengenharia.eng.br)  
Luiz Fernando Mählmann Heineck \*\*\* E-mail: [freitas8@terra.com.br](mailto:freitas8@terra.com.br)

\*Centro Universitário Christus (Unichristus), Fortaleza, CE

\*\*AVAL Engenharia, Fortaleza, CE

\*\*\*Centro de Estudos Sociais Aplicados (CESA), Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE

**Resumo:** O Gerenciamento do Valor Agregado (Earned Value Management, EVM) ou a Análise do Valor Agregado (Earned Value Analysis, EVA) é uma técnica de medição e controle de projetos baseada na medição física, financeira e de tempo que proporciona indicadores de avanço real, variações de desempenho e previsões para conclusão do projeto. Entretanto, vários trabalhos científicos vêm descrevendo alguns problemas e limitações dessa técnica como a desconsideração dos fluxos de trabalho e a incompatibilidade de previsões em estágios iniciais de construção. Assim, por meio de um estudo de caso único, exploratório e descritivo, o presente trabalho tem por objetivo analisar o uso da técnica do EVM em um projeto de construção sob a ótica da Construção Enxuta. O estudo pode confirmar alguns problemas levantados em outros trabalhos, bem como expandi-los, proporcionando uma visão mais holística sobre a aplicabilidade dessa técnica na construção civil, especialmente em obras cuja construção enxuta é aplicada. Por fim, os autores concluem que a técnica do EVM é uma repetição da técnica de medição físico-financeira plotada no tempo e que suas limitações podem tornar o seu uso incompatível com projetos de construção.

**Palavras-chave:** Gerenciamento do Valor Agregado. Controle de Projetos de Construção. Construção Enxuta. Gerenciamento de Projetos.

**Abstract:** The Earned Value Management (EVM) or Earned Value Analysis (EVA) is a performance measurement technique and a project control tool based on physical, financial and time progress, providing indexes of project outcomes as actual performance, performance delays and forecasting of project conclusion. However some papers describe problems and limitations of this technique like disregard of workflows and incompatibility for early stages of work progress forecasts. Thus, through a unique case study exploratory and descriptive, this paper aims to analyze the use of EVM technique on a construction project under the lights of Lean Construction. As result, this paper confirmed some problems surveyed by others researchers as well as enlarged the list of topics which EVM approach fails to support lean construction applications enabling a more in depth and a holistic understanding about the applicability of this technique on Building Construction, especially in Lean Construction Projects. Finally, the authors concluded that EVM is just an extension of the traditional approach of measuring physical and financial advances over time what may render their use incompatible in construction projects.

**Keywords:** Earned Value Management. Construction Projects Control. Lean Construction. Project Management.

## 1 INTRODUÇÃO

As dificuldades de gestão, aliadas à incerteza e à complexidade proeminentes no gerenciamento da construção, têm levado as empresas a buscarem técnicas de gestão cada vez mais sofisticadas para garantir o monitoramento e controle das suas atividades de forma eficaz. Normalmente, essas técnicas estão fortemente ligadas à gestão de custos na construção, visto como principal fator e motivador de mudanças organizacionais.

Nesse contexto, a teoria de planejamento e controle de obras evoluiu a partir das técnicas de PERT (*Program Evaluation Review Technique*)/ CPM (*Critical Path Method*), na década de 1950. Porém, somente na década de 1990, controvérsias puderam ser suportadas pelo raciocínio associado ao surgimento e à ascensão da Construção Enxuta.

O termo Construção Enxuta foi utilizado inicialmente em 1993 pelos fundadores do *International Group for Lean Construction* (IGLC, grupo internacional da Construção Enxuta) (KOSKELA, 2004), e teve por base o trabalho seminal apresentada por Koskela (1992).

Isso provocou uma quebra de antigos paradigmas gerenciais que deram espaço à inovação e à melhoria contínua das empresas, capacitando-as a adquirirem um estilo gerencial proativo e ágil frente às mudanças impostas pelos seus clientes e pelo mercado.

Essas mudanças também proporcionaram uma nova visão sobre a gestão e sobre a medição de desempenho na construção, tornando esses processos cada vez mais complexos e ligados às expectativas dos clientes, principalmente em projetos que aplicam a Construção Enxuta.

Tradicionalmente, a medição de projetos de construção é realizada por meio da medição físico-financeira. Um simples gráfico de *Gantt* é suficiente para conduzir o acompanhamento do avanço físico e dos custos das atividades de construção em execução. Porém, uma crítica bem estabelecida para essa abordagem ingênua é encontrada em um grande número de trabalhos, como Kagioglou, Cooper e Aquad (2001), Bassioni, Price e Hassan (2004), Toor e Ogunlana (2010) e Horstman e Witteveen (2013).

Mesmo com uma forte crítica estabelecida sobre a medição de desempenho na construção, a evolução de tais sistemas ainda é lenta na indústria da construção (KORDE; LI; RUSSELL, 2005; NUDURUPATI; ARSHAD; TURNER, 2007; DENG; SMYTH; ANVUUR, 2012), e concluir que existe um modelo ideal para a medição de desempenho no setor pode ser imprudente (JIN *et al.*, 2013). Assim, estudos sobre medição de desempenho na construção que ofereçam diretrizes operacionais mais contundentes se tornam pertinentes (CÂNDIDO; LIMA; BARROS NETO, 2016) que é o caso do presente trabalho. A limitação de modelos de medição de desempenho também é observada em projetos que aplicam a Construção Enxuta (LI *et al.*, 2015)

Como alternativa, para minimizar esses problemas de medição na construção, profissionais e pesquisadores vêm explorando o uso do Gerenciamento do Valor Agregado (EVM, do inglês *Earned Value Management*) ou a Análise do Valor

Agregado (EVA, do inglês *Earned Value Analysis*). Desenvolvido pelo departamento de defesa dos Estados Unidos, o EVM já vem sendo amplamente utilizado há mais de 40 anos em projetos diversos e é indicado pelo *Project Management Institute* (PMI) como uma ferramenta padrão para medição de desempenho de projetos (FLEMING; KOPPELMAN, 2010; MATTOS, 2010).

Para Fleming e Koppelman (2010), essa técnica é uma evolução desenvolvida a partir dos esforços iniciais com PERT/Cost (1962-1965) e C/ SCSC (1967-1996, *Cost Schedule Planning and Control Specification*) cujos principais avanços estão relacionados à integração de planejamento, controle e definição de escopo de projeto em uma única ferramenta.

A técnica do EVM tem foco na previsão de duração do projeto e seus custos finais, considerados como fundamentais para alertar a gerência sobre o desempenho do projeto (PMI, 2005; ACEBES *et al.*, 2013). Porém, o EVM não oferece ferramentas de gestão que possam trazer o projeto de volta ao cronograma inicial, servindo como base apenas para o monitoramento das metas e dos objetivos do projeto.

Isso quer dizer que as análises de variações e a exposição clara dos objetivos do projeto, elementos-chave para desencadear esforços de gerenciamento que naturalmente podem induzir os gerentes a tomar decisões adequadas que conduzam ao sucesso do projeto, não fazem parte do ferramental do EVM (PMI, 2005; ACEBES *et al.*, 2013).

Além disso, mesmo diante de uma suposta facilidade de adaptação que a técnica de EVM oferece às necessidades de gerenciamento de projetos, os críticos foram capazes de encontrar domínios de informação que não são contemplados por essa ferramenta, como a inadequação para monitorar o fluxo de trabalho (KIM; BALLARD, 2000), inadequações para projetos complexos e muita burocracia (WHITE; FORTUNE, 2002), falhas nas previsões de custo finais (NARBAEV; DE MARCO, 2013) e na previsão de prazo (VANDEVOORDE; VANHOUCHE, 2006).

Tais domínios de informações podem inibir o fornecimento de dados sobre andamento do projeto que são úteis para praticantes de diferentes correntes de pensamento em planejamento e controle de projeto, por exemplo, os praticantes da Construção Enxuta, o que pode inviabilizar sua aplicação em tal contexto.

O paralelo entre as práticas de gestão de projetos e as da Construção Enxuta vem sendo realizado de longas datas. Horman e Kenley (1996), por exemplo, analisando as aplicações da produção enxuta para o gerenciamento de projetos, utilizaram a expressão *Lean Project Management* (gerenciamento de projetos *Lean*) em alusão a uma metodologia que combinasse os pontos positivos dessas duas correntes de gestão.

Já Koskela e Howell (2002) avaliaram que a base conceitual dos principais elementos prescritos na gestão de projetos é deficiente (existem teorias mais consistentes ou mais completas). Ademais, Koskela e Ballard (2012) insistem na necessidade de que sejam desenvolvidas novas formas de pensar e integrar elementos de gestão da produção e gestão de projetos, em um sistema de construção mais holístico. Tal estímulo reforça a contribuição deste artigo.

Assim, observa-se uma lacuna no campo de medição de desempenho no setor da construção e, especificamente, em projetos que aplicam a Construção Enxuta. A ferramenta de Gerenciamento do Valor agregado se apresenta como uma alternativa para preencher tal lacuna.

Porém, o seu uso ainda é incipiente no âmbito da construção civil com críticas pouco fundamentadas em estudos empíricos (NETTO *et al.*, 2015), suscitando maiores aprofundamentos, principalmente sobre sua real utilização como é o caso do presente trabalho que tem por objetivo avaliar a utilização da técnica de gerenciamento do valor agregado à luz da Construção Enxuta. Para tal, realizou-se um estudo de caso de um projeto de construção que aplicou o EVM como ferramenta de medição de desempenho.

Tal análise contribui para a melhoria da medição de desempenho em projetos de construção cuja mentalidade enxuta é aplicada, esclarecendo os limites e os benefícios que a sua aplicação pode trazer para a melhoria do controle do desempenho de projetos.

Assim, este trabalho foi subdividido em 6 seções, contando com esta introdução. A seguir, na seção dois, apresentam-se os conceitos do gerenciamento do valor agregado, bem como são debatidos as principais variáveis discutidas nesta pesquisa que geraram seus resultados. Em seguida, na seção três, são debatidos os conceitos da Construção Enxuta. A seção quatro apresenta o método de pesquisa, caracterizando a empresa e o projeto analisado. Na seção cinco, apresentam-se os resultados e, em seguida, as conclusões na seção seis. Por fim, apresentam-se as referências bibliográficas.

## **2 GERENCIAMENTO DO VALOR AGREGADO**

O PMI (2005) classifica a terminologia do EVM em duas categorias: (1) os parâmetros-chave, que incluem o Valor Planejado (VP) ou Custo Orçado do Trabalho Agendado (COTA), o Valor Agregado (VA) ou Custo Orçado do Trabalho Realizado (COTR) e o Custo Real (CR) ou Custo Real do Trabalho Realizado (CRTR), e (2) Indicadores de Desempenho que incluem as análises de variações, os índices de consumo e as previsões de desempenho (PMI, 2005; FLEMING; KOPPELMAN, 2010).

Os parâmetros-chave são simples em sua formulação. O VP representa uma estimativa inicial para o trabalho planejado (PMI, 2005; FLEMING; KOPPELMAN, 2010). Essa informação é tipicamente fornecida por orçamentos de projeto e produzida por setores de orçamento. O VP é fornecido por procedimentos estabelecidos para avaliar os custos planejados e foi incorporado pelo EVM para melhorar o conjunto de ferramentas que seus praticantes são capazes de oferecer em seus trabalhos de consultoria.

O VP é baseado em uma Estrutura Analítica de Projeto que não segue necessariamente o conjunto de operações que ocorrem no local de trabalho. O planejamento em obra informa a quantidade esperada de trabalho plotado no tempo

o qual é calculado em termos de orçamento (PMI, 2005; FLEMING; KOPPELMAN, 2010).

O VA representa a quantidade de trabalho que foi realmente realizado até a data de medição, expressa em termos de orçamento inicial para esse trabalho (PMI, 2005; FLEMING; KOPPELMAN, 2010).

No momento, deve-se mencionar que as informações do VP e do VA devem ser corretas, no que diz respeito aos procedimentos de estimativa. Além disso, se é para representar o valor para o cliente, isso só pode ser aceito com a ajuda indireta de microeconomia, ou seja, se racionalmente a quantidade de dinheiro a ser pago para o projeto tem sido aceita, o preço total estimado e o valor podem ser equiparados sob o ponto de vista do cliente.

O CR representa o verdadeiro custo do trabalho realizado até o momento de medição. A fim de fornecer informações de retorno sobre os custos reais, os sistemas de planejamento e controle devem estar ligados aos sistemas de contabilidade das empresas ou a outro mecanismo capaz de estimar e fornecer os custos reais (PMI, 2005; FLEMING; KOPPELMAN, 2010).

A avaliação dos custos reais, ao longo do tempo, pode ser um grande fardo para aplicar o EVM. Pode-se dizer que, durante o curso de um projeto, apenas as estimativas de custos reais estão disponíveis, com baixa precisão, devido a sua natureza probabilística inerente.

A segunda categoria de parâmetros do EVM são os indicadores de desempenho, os quais fazem uso de uma combinação entre os parâmetros-chave, descritos anteriormente, para realizar análises de desempenho, variações e projeção de custos e de prazos, os quais são descritos a seguir.

A Variação de Prazo (VPr) é calculada como  $VPr = VA - VP$  e representa o quanto o projeto está à frente ( $VPr > 0$ ) ou atrás ( $VPr < 0$ ) da programação (PMI, 2005; FLEMING; KOPPELMAN, 2010). Como o VA e o VP são estimativas de custo retiradas do orçamento inicial, pode acontecer de um projeto ser considerado como atrasado ( $VA < VP$ ) devido a erros no orçamento inicial.

A Variação de Custo (VC) é calculada como  $VC = VA - CR$  e representa o quanto o projeto está abaixo ( $VC > 0$ ) ou acima do orçamento ( $VC < 0$ ) (PMI, 2005; FLEMING; KOPPELMAN, 2010). A VC mede essencialmente as variações de custos, mas também está sujeita a erros de estimativas iniciais em relação ao VA. Como o CR deve ser avaliado com custos reais durante vários estágios de construção, há uma carga sobre o sistema de controle de custos para produzir tais informações, o que pode redundar no cálculo CR por meio de outro conjunto de estimativas dos custos reais, estimativas estas sujeitas a erros.

O Índice de desempenho de prazos ( $IDP = VA / VP$ ) representa o ritmo de produção, ou seja, a taxa de conversão de custo planejado em valor agregado. Ele fornece a mesma informação que VPr, mas agora em termos relativos. As fontes de imprecisão para esse índice são os mesmos discutidos em relação ao VPr (PMI, 2005; FLEMING; KOPPELMAN, 2010).

O Índice de Desempenho de Custos ( $IDC = VA / CR$ ) representa o quão eficientemente os recursos estão sendo usados em termos de taxa de conversão de

CR em VA. Um  $IDP < 1$  indica que o projeto está caminhando para uma extrapolação de custo, uma vez que o que foi alcançado não corresponde ao que foi estimado para o mesmo conjunto de atividades (PMI 2005; FLEMING; KOPPELMAN, 2010).

A única explicação é que os custos estão a aumentar em comparação com o que foi previsto, ou como antes para o VC, atividades cujos custos são somados para compor VA foram superestimados no orçamento inicial.

A técnica também possui indicadores de previsão de custo e prazo os quais são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** – Indicadores de previsão de custo e prazo (continua)

<b>Indicador</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Descrição</b>
<b>Orçamento no Término (ONT)</b>	-	ONT representa o orçamento total para conclusão do projeto; no término, o $ONT=VP$
<b>Estimativa para o Término (<math>EPT_t</math>)</b>	$EAC_t = \frac{ONT/IDP}{ONT/prazo\ restante}$	Estimativa de prazo para conclusão do projeto se o trabalho continuar com o ritmo atual
<b>Estimativa Para o Término (EPT)</b>	${}^1EPT = ONT - VA$	Custo para terminar o projeto se todos os pacotes remanescentes atingirem seus objetivos de tempo e custo, independente do que aconteceu com o valor agregado
<b>Estimativa Para o Término (EPT)</b>	${}^2EPT = \frac{ONT - VA}{IDC}$	Estimativa para o término assumindo que o desempenho de custos atual permanecerá o mesmo durante o restante do projeto
	${}^3EPT = \frac{ONT - VA}{IDC \times IDP}$	Estimativa para conclusão do projeto assumindo que o desempenho de custos e de prazo irá permanecer o mesmo durante o restante do projeto
<b>Estimativa No Término (ENT)</b>	${}^1ENT = CR + ONT - VA$	Custo final do projeto baseado no orçamento original. O cenário otimista assume que todo o trabalho remanescente será feito com o valor remanescente do orçamento inicial
	${}^2ENT = CR + \frac{ONT - VA}{IDC}$	Custo final do projeto se as tendências de desempenho de custo atual continuarem. Esse cenário assume que todo o trabalho restante será realizada com o IDC atual

**Tabela 1** – Indicadores de previsão de custo e prazo (conclusão)

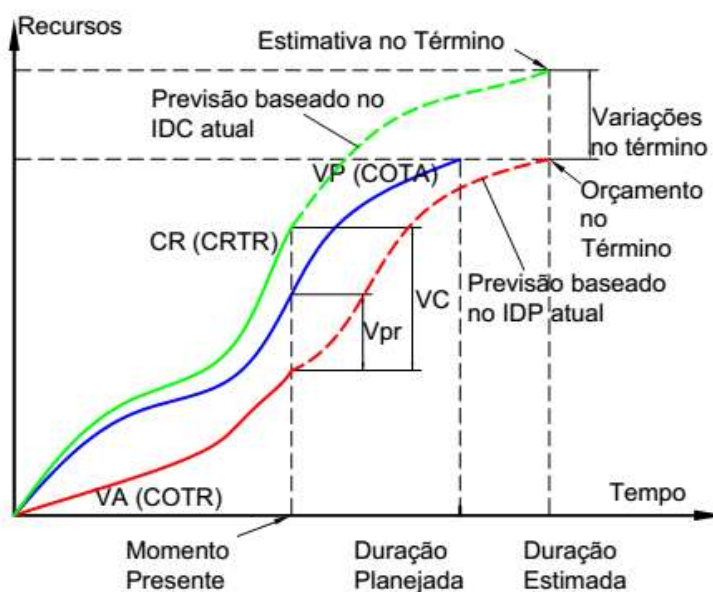
Indicador	Fórmula	Descrição
	${}^3ENT = CR + \frac{ONT - VA}{IDC \times IDP}$	Custo final do projeto se as tendências de desempenho de custo e de prazo atual continuarem. Esse cenário assume que todo o trabalho restante será realizado com o IDC e o IDP atuais.
<b>Varição no Término (VNT)</b>	$VNT = ONT - ENT$	Saldo no término do projeto
<b>Índice de Desempenho de Custos de Recuperação (IDCR)</b>	$IDCR = \frac{ONT - VA}{ONT - CR}$	Índice de desempenho de custos para recuperar a variação de custo a partir do momento em que o Valor Agregado e o Custo Real são avaliados até a conclusão do projeto.

**Legenda:** 1) cenário otimista; 2) cenário realista; 3) cenário pessimista.

**Fonte:** elaborado a partir de PMI (2005), Fleming e Koppelman (2010) e Mattos (2010).

Por fim, todos esses indicadores são analisados graficamente, conforme a Figura 1.

**Figura 1** – Principais variáveis do Gerenciamento do Valor Agregado



**Fonte:** elaborado a partir de PMI (2005), Fleming e Koppelman (2010) e Mattos (2010).

Observa-se que as variáveis são avaliadas em três grandes datas do calendário que são retratadas: o momento presente (quando inicialmente o VP, o VA e o CR são calculados), a data para duração planejada e a data para duração estimada. Algumas críticas a essa técnica são encontradas na literatura.

Kim e Ballard (2000), analisaram as aplicações da técnica do EVM na indústria da construção a partir da perspectiva de fluxo de trabalho e concluíram que o EVM é uma ferramenta inadequada para monitorar tal fluxo de trabalho, uma base conceitual fundamental da Construção Enxuta. Além disso, os autores apontam que o EVM aborda valor a partir do ponto de vista do empreendedor ou empresa de

construção. O valor sob o ponto de vista do cliente final é considerado apenas indiretamente.

White e Fortune (2002) verificaram 12 itens considerados como barreiras ou limitações do EVM, dentre as quais se destacam: (1) inadequação para projetos complexos; (2) muito demorado e burocrático; (3) propenso a falhas nas previsões de longo prazo; (4) fortemente dependente de procedimentos padronizados, sem uma visão holística.

Em relação à gestão de custos ofertada pelo EVM, Narbaev e De Marco (2013) concluíram que os métodos tradicionais para estimar os custos finais na conclusão (ENT) não são confiáveis, principalmente quando tais estimativas são realizadas em estágios iniciais do projeto.

Por fim, em relação à gestão de prazos, Vandevoorde e Vanhoucke (2006) observaram erros potenciais em relação à previsão de desempenho em nível das etapas de trabalho, em vez do projeto como um todo.

A seguir, os conceitos da Construção Enxuta que são utilizados para análise do estudo de campo são apresentados.

### **3 CONSTRUÇÃO ENXUTA**

Como já mencionado, o termo Construção Enxuta foi utilizado inicialmente em 1993 pelos fundadores do *International Group for Lean Construction* (IGLC, grupo internacional da Construção Enxuta) (KOSKELA, 2004) e teve por base o trabalho seminal apresentada por Koskela (1992).

A Construção Enxuta ascende dos conceitos do Sistema Toyota de Produção (STP) (SHINGO, 1996; OHNO, 1997; LIKER, 2007) na indústria da construção e surgiu contemporaneamente ao Pensamento Enxuto (WOMACK; JONES, 1998).

O termo Construção Enxuta, bem como o termo *Lean* em geral ainda é um conceito vago, gerando, inclusive, distorção entre seus praticantes (ALVES; MILBERG; WALSCH, 2012). Apesar disso, o DNA da Construção Enxuta aponta para a busca da eficiência da produção pela eliminação consistente de desperdícios, aumentando, assim, o valor entregue aos clientes (SHINGO, 1996; OHNO, 1997; SPEAR; BOWEN, 1999; LIKER, 2007).

A inserção de tais conceitos permitiu que diversas indústrias, dentre elas a construção, buscassem alcançar efetivamente as principais dimensões da competitividade (flexibilidade, custo, qualidade, atendimento e inovação) (SHINGO, 1996), fundamentais para a sobrevivência de qualquer empresa em um contexto de competição em escala global.

Para a Construção, a grande mudança ocorrida com a inserção dos conceitos *Lean* foi o reconhecimento do fluxo do processo como parte gerenciável em detrimento da visão tradicional de conversão (KOSKELA, 1992). Isso implicou uma mudança drástica na nova forma de gerenciamento dos processos de produção. Os desdobramentos disto até hoje são explorados por profissionais e praticantes, sendo possível apontar os onze princípios de Koskela (1992) e a Teoria TFSV (Transformação, Fluxo e Valor) (KOSKELA, 2000) como principais marcos.



Não sendo objetivo deste artigo teorizar sobre os princípios da Construção Enxuta, o Quadro 1 apresenta apenas aqueles que suportaram a análise realizada neste trabalho.

**Quadro 1** – Princípios de Construção Enxuta envolvidos na análise

<b>Princípio</b>	<b>Descrição</b>
Valor	Valor está associado a um desejo intrínseco e subjetivo determinado pelo cliente (OHNO, 1997) e por isso é um ponto crítico para a Construção Enxuta, pois não há um consenso entre profissionais e pesquisadores sobre sua definição (SALVATIERRA-GARRIDO; PASQUIRE; THORPE, 2010). Heineck <i>et al.</i> (2009) apontam que este é um princípio inalienável. Frequentemente valor é visto apenas como uma redução de custo, o que representa uma lacuna da compreensão do pensamento enxuto (HINES; HOLWEG; RICH, 2004). Este é um marco na mudança da visão gerencial, pois o foco de todas as ações na Construção Enxuta passa a ser o cliente.
Melhoria contínua	A melhoria contínua pode ser compreendida como a sistematização da redução de perdas e aumento do valor para o cliente (KOSKELA, 1992). Esta pode se dar de forma incremental ( <i>Kaizan</i> ) ou melhoria radical ( <i>Kaikaku</i> ).
Reduzir a variabilidade	A variabilidade pode ser interpretada em duas dimensões: do processo e do produto. Um mesmo produto não deve ser executado com processos diferentes sob o risco de gerarem produtos diferentes, o que não é bom para o cliente, ou seja, do ponto de vista do cliente, um produto uniforme é melhor (KOSKELA, 1992). Assim, uma vez definido os requisitos do cliente, o sistema produtivo deve ser capaz de executar os produtos em total conformidade com as especificações. Sob a perspectiva de processo, a variabilidade, especialmente da duração da atividade, aumenta o volume das atividades que não agregam valor (KOSKELA, 1992). Assim, esse conceito está intimamente ligado às Operações-padrão do STP e visa a proporcionar condições para haver fluxo contínuo, com ritmo de trabalho determinado (SHINGO, 1996; OHNO, 1997; LIKER, 2007). Para o alcance deste, pode-se elencar, além da padronização das operações, o controle estatístico do processo e o uso de dispositivos <i>poka-yoka</i> (KOSKELA, 1992).
Transparência	A transparência é fundamental para que haja melhoria do processo, uma vez que a sua falta propicia erros e, mais grave que isso, os torna invisível (KOSKELA, 1992). Assim, tudo que não contribuir para melhorar o desempenho é considerado desperdício e deve ser eliminado (SALEM <i>et al.</i> , 2006), o que aumenta a visibilidade do processo, tornando os fluxos de mão de obra, materiais, equipamentos e informações visíveis.

**Fonte:** elaborado a partir de Koskela (1992), Shingo (1996), Ohno (1997), Hines, Holweg e Rich (2004), Salem *et al.* (2006), Liker (2007), Heineck *et al.* (2009), Salvatierra-Garrido, Pasquire e Thorpe (2010).

#### 4 METODOLOGIA

A estratégia aplicada nesta pesquisa foi o estudo de caso que é uma investigação empírica que permite analisar um fenômeno contemporâneo em seu

contexto real (YIN, 2010). Quanto aos objetivos, este trabalho se caracteriza como exploratória e descritiva com dados quantitativos (COLLIS; HUSSEY, 2005).

Nesta pesquisa, foram realizadas generalizações a partir de casos particulares para a teoria e são classificados como básicos (COLLIS; HUSSEY, 2005), pois os resultados podem ajudar a melhorar a compreensão sobre o uso da técnica em apreço em projetos de construção, especialmente os que aplicam a Construção Enxuta.

O projeto analisado é uma obra comercial com 20.547,72 m<sup>2</sup> de área construída em estrutura de concreto armado, distribuídos em 26 pavimentos (coberta, 18 tipo, estacionamentos, térreo e 3 subsolos), totalizando 234 unidades privativas (salas comerciais).

Com prazo de 30 meses, o projeto teve início em dezembro de 2010 e foi concluído em julho de 2013, 3 meses após seu término previsto. O desafio técnico especial foi, em particular, a fachada em pele de vidro com 500m<sup>2</sup>, pois esse tipo de tecnologia ainda é pouco comum na cidade de Fortaleza, CE.

Os envolvidos na execução do projeto atuaram em regime de contratação por empreitada a preço global (incorporador e construtor) com orçamento de R\$27.742.302,43. Uma empresa de consultoria em planejamento e controle foi contratada para dar suporte gerencial ao construtor durante o projeto, período em que este estudo foi realizado.

A empresa de consultoria trabalha particularmente com os conceitos de Gestão de Projetos, embasados no guia PMBOK® do *Project Management Institute*, agregados aos conceitos da Construção Enxuta, permitindo a análise de integração dessas duas correntes de gestão pelo presente trabalho.

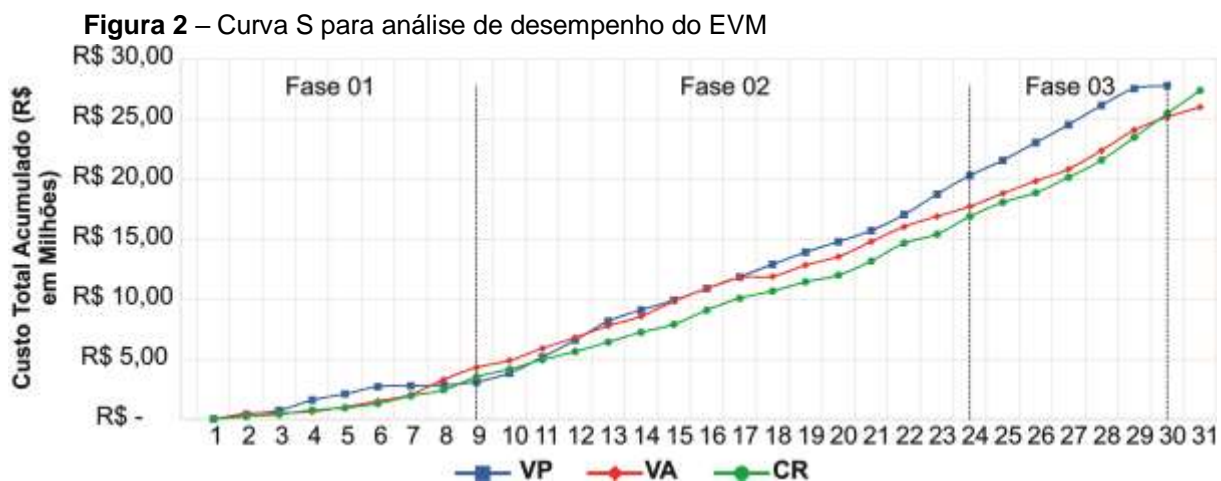
Como portfólio, a empresa oferta serviços de orçamentação, planejamento logístico do canteiro de obras e programação e controle da produção. Para o projeto, o orçamento foi realizado utilizando os mesmos pacotes de trabalho que foram posteriormente utilizados para fins de planejamento da obra. Em termos de planejamento, a Linha de Balanço foi escolhida como a ferramenta de programação.

O controle de produção foi possível graças à utilização de um conjunto de ferramentas, como a análise de produtividade, as medidas de PPC, o controle de custos e as medidas discutidas anteriormente (VA, VP, CR, VC, VPr, IDP, IDC e ENT).

## **5 RESULTADOS**

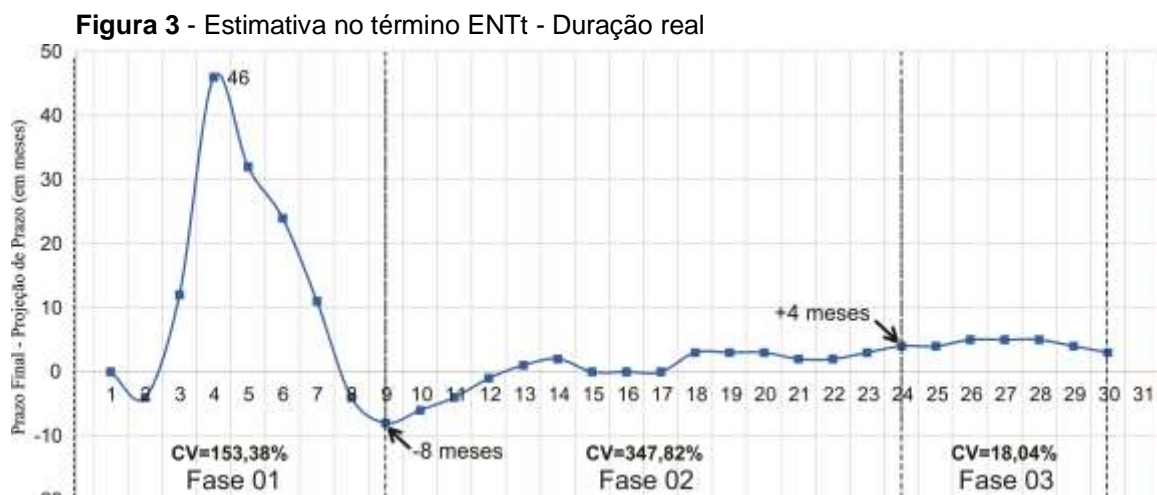
### **5.1 Curva S para análise de desempenho do EVM**

A Figura 2 apresenta as três curvas S que sintetizam a análise utilizada pelo EVM.



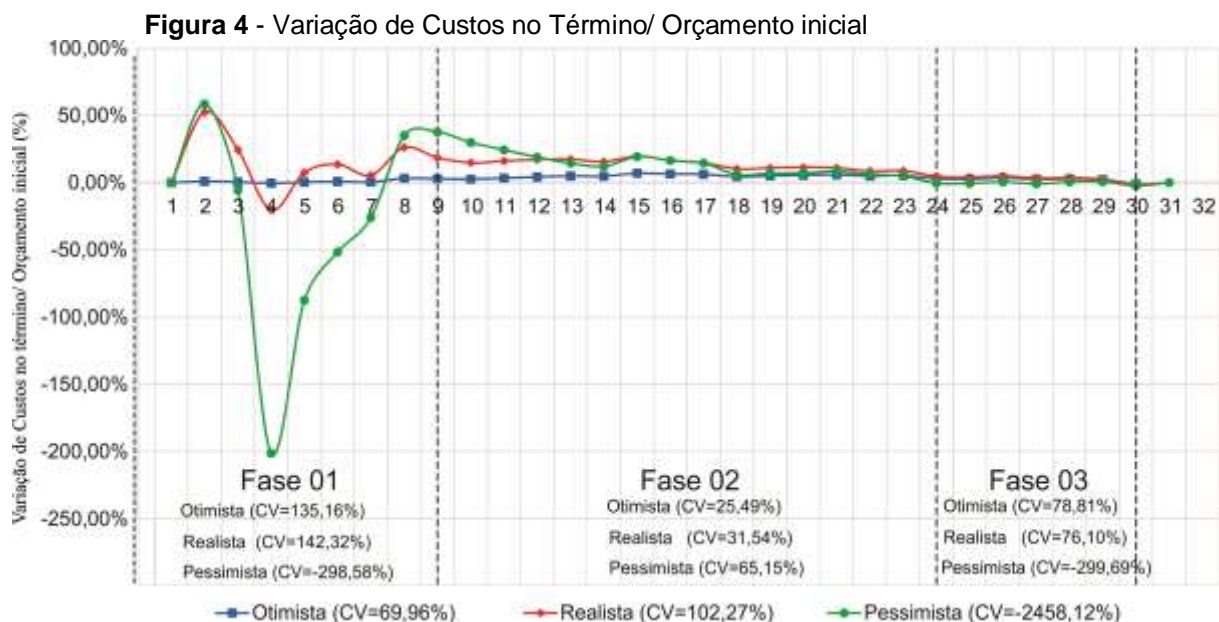
Pode-se observar que o  $CR < VP$  ocorreu durante 27 períodos. Isso representa um bom desempenho do IDC (em média 1,10), ou seja, a empresa de construção foi capaz de operar dentro do orçamento durante quase todo projeto. Como o  $VA < VP$  a maior parte do tempo, isso significa que o progresso foi lento. Como consequência, o IDP obteve um desempenho baixo (em média 0,89), representando um atraso eminente para a duração total do projeto.

Essa tendência de atraso foi confirmada. O projeto foi concluído três meses mais tarde do que o previsto, totalizando 33 meses de duração. Em relação a essa duração final, a Figura 3 apresenta o quanto a estimativa para o término ( $EAC_t$ ) foi realizada acima ou abaixo do prazo final real da obra.



Verifica-se que altos coeficientes de variação foram encontrados para as Fases 1 e 2. Por exemplo, em termos absolutos, a duração total estimada no 4º período foi de 46 meses acima da duração programada final. Isso representa uma duração total de 76 meses (4 consumidos + 26 para concluir o projeto inicial + 46 acima do cronograma planejado). No 9º período de tempo, a estimativa era de -8 meses, ou seja, 8 meses mais cedo do que inicialmente previsto, indicando um prazo total de 22 meses.

Em relação à variação de custos no término (VNT), a Figura 4 apresenta o seu comportamento ao longo dos meses em termos de orçamento inicial para os cenários otimistas, realistas e pessimistas.



Observam-se, mais uma vez, altos valores para os coeficientes de variação. Por exemplo, a estimativa realista, no mês 2, foi de VNT = R\$ 14.549.192,30, que representa 52,44% do custo total orçado. Um mês depois, essa mesma previsão foi de VNT = R\$ 6.747.576,69 (24,32%), ou seja, metade do valor previsto no período anterior. Ambos são muito duvidosos, uma vez que o projeto muito provavelmente não será concluído com 52,44% ou com 24,32% do seu orçamento inicial.

Com essa variabilidade, é difícil tomar decisões para manter o projeto sob controle e avaliar as consequências de tais decisões. Essas estimativas produziram uma sobrecarga de gestão para os administradores da obra com excessivas reprogramações do projeto.

Além disso, como os gerentes não podiam avaliar a qualidade dos seus processos de produção, tais discrepâncias de estimativas para data final do projeto os levaram à utilização de outros indicadores de desempenho do processo não fornecidos pelo EVM, como o Percentual de Pacotes Concluídos (PPC) e a análise de produtividade.

## 5.2 Valor agregado: Construção Enxuta x EVM

Apesar de as ferramentas de gestão de projeto ter foco na agregação de valor ao cliente, há uma divergência nos procedimentos para alcançar tal objetivo, quando comparado aos procedimentos da Construção Enxuta (HORMAN; KENLEY, 1996). Para os autores, a gestão de projetos é focada no gerenciamento de tempo, custo e qualidade, o que não garante que os requisitos dos clientes sejam plenamente satisfeitos.

De acordo com a técnica do EVM, o Valor Agregado (VA) é o custo orçado do trabalho realizado, ou seja, o VA é um valor monetário sem conexão direta com o valor no conceito *Lean*. Como já mencionado, pode ter uma relação indireta se aspectos de microeconomia forem trazidos para a discussão.

Se os clientes estão dispostos a pagar o orçamento inicial (e todas as fases de trabalho pelo seu valor de orçamento) por um projeto, isso significa que eles valorizam tal projeto a esse preço. Se o contratante for capaz de colocar o trabalho em prática por essa quantia monetária orçada, o cliente se beneficiaria com isso. É sempre um ponto a ser discutido: o que é valor para um cliente comparando apenas partes ou fases de trabalho concluído com as vantagens de toda a instalação da obra pronta para a operação.

Além disso, a gestão de projetos assume que os requisitos do cliente estão disponíveis no início do projeto e podem ser decompostos em atividades (KOSKELA; HOWELL, 2002). Na visão do *Lean*, os requisitos do cliente não necessariamente estão disponíveis ou não são bem compreendidos, o que dificulta a sua decomposição em partes do projeto.

Outra discrepância observada é que a linguagem utilizada na Construção Enxuta é diferente da linguagem utilizada no EVM. A Construção Enxuta lida com o progresso físico em termos de horas de trabalho ou quantidade de serviço, produtividade, conclusão de partes específicas de um projeto e assim por diante. Na Construção Enxuta, evita-se usar o dinheiro como medida para tudo.

Na outra mão, o foco do EVM são expressões monetárias de desempenho. Por exemplo, o VA representa o quanto de trabalho foi realizado, mas o indicador é apresentado em termos de custo do trabalho para o orçamento inicial e não por qualquer medida física do que já foi alcançado, como a quantidade de concreto que foi lançado ou quantas horas foram gastas na movimentação de materiais.

### **5.3 Insuficiência de indicadores de processo e de qualidade da construção**

Os principais indicadores do EVM não fornecem informações sobre a qualidade da construção ou qualidade dos processos. Eles relatam somente o desempenho de conversão, ou seja, o quanto do que foi planejado foi alcançado e o quanto ainda resta para ser realizado até o final do projeto.

Por outro lado, a Construção Enxuta foca-se na melhoria do processo e em sua eficiência (HORMAN; KENLEY, 1996). Lida com a qualidade dos produtos e dos processos, reduzindo sua variabilidade e aumentando o valor do produto à medida que os clientes externos e internos percebem o valor dessas características (KOSKELA, 1992).

Assim, o uso restrito de indicadores focados em expressão monetária pode inibir, também, a busca pela melhoria contínua já que o processo não é constantemente analisado em termos de eficiência ou eficácia do trabalho realizado, mas a eficiência do dinheiro gasto para fazê-lo.

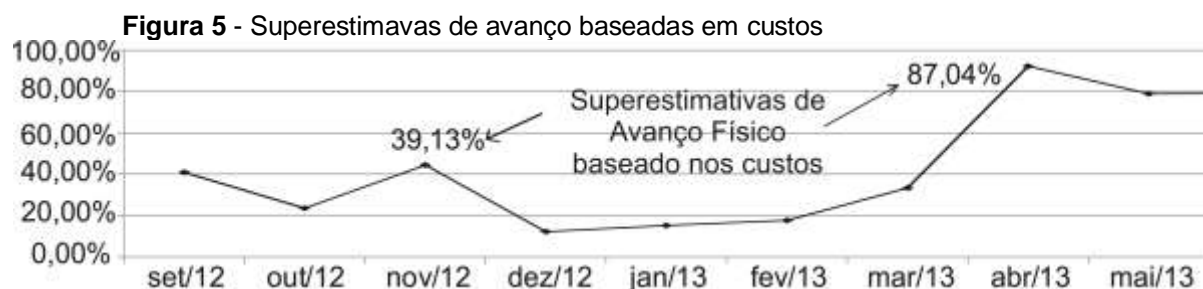
## 5.4 Incompatibilidade dos indicadores de previsão em estágios iniciais

Durante as primeiras fases de construção, foi observada uma alta variabilidade em relação aos indicadores de projeção de custos finais e à duração final. Deve-se reconhecer, portanto, que este não é um momento adequado para fazer previsões, pois se sabe que o progresso físico não é proporcional ao dinheiro gasto no canteiro de obras.

Cooke (1980) propôs que, para 10% de progresso físico inicial, poderia ser esperado um consumo de 16% custo total do projeto. Como o custo é usado como parâmetro para as medidas de progresso na técnica do EVM, uma distorção evidente de progresso real ocorre em estágios iniciais de trabalho (NARBAEV; DE MARCO, 2013).

## 5.5 Superestimativas de avanço baseadas em custos

A Figura 5 apresenta o progresso físico medido em horas de trabalho pagas *versus* a medição realizada com o EVM.



As medidas do EVM levam em conta o material e os custos de horas-homem. Pode ocorrer de alguns materiais serem desproporcionalmente mais caros ou mais baratos do que os outros, de modo que a sua inclusão no VA potencialmente distorce o avanço físico real.

Por exemplo, em abril/2013, o progresso medido em termos de custos foi 87% maior que o progresso medido, em termos de homem-horas. Nessa época, a fachada em pele de vidro estava sendo executada. Esta é uma fase muito cara, em termos de custo de esquadrias de alumínio e vidros especiais. Assim, uma grande quantidade de recursos monetários foram gastos a fim de alcançar um pequeno progresso físico em termos de implantação física.

Essas superestimativas infligem diretamente o conceito de transparência da Construção Enxuta. Como o avanço é medido em termos de valor monetário, qualquer que seja a atividade desempenhada gerará um custo, um valor agregado do ponto de vista do EVM. No entanto, essas atividades podem não estar no plano da obra para tal data, ou seja, distorce ainda mais o desempenho de prazos, uma vez que estará comparando um Valor Planejado para um conjunto de atividades diferentes. Isso se agrava com a medição do valor agregado sem distinção dos custos indiretos de construção, conforme analisado a seguir.

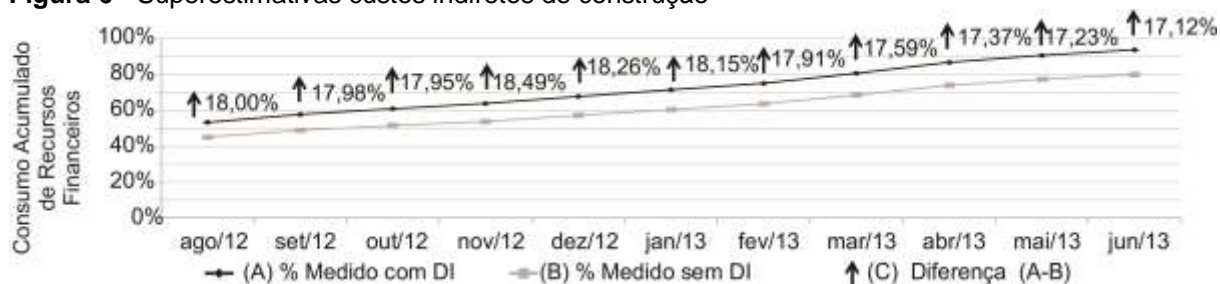
## 5.6 Medição do Valor Agregado sem distinção dos Custos Indiretos de Construção

Os custos indiretos de construção são despesas incorridas pelo construtor para fornecer apoio às atividades operacionais e fornecer os recursos gerais para a correta execução do projeto (BECKER *et al.*, 2012). Esses custos estão relacionados com as atividades da administração central, do canteiro e da fiscalização de obras, dentre outros.

Embora os custos indiretos possam gerar valor, eles não podem ser usados para medir o progresso físico. Do ponto de vista da Construção Enxuta, a agregação de valor proveniente dos custos indiretos só ocorre por meio de atividades especiais, como o controle de qualidade, a redução de resíduos, a melhoria da saúde e a segurança no trabalho, a aprendizagem e a documentação de boas práticas.

A Figura 6 mostra o quanto os custos indiretos inflam as medidas de progressão dos custos diretos. Os custos indiretos foram da ordem de 20%, ou seja, uma parte substancial do VA corresponde a atividades indiretas que não necessariamente agregam valor de acordo com os objetivos dos clientes. Isso agrava o problema de transparência, mencionado no item 5.5.

Figura 6 - Superestimativas custos indiretos de construção



## 6 CONCLUSÃO

Foi demonstrado que o uso do EVM como uma técnica de medição de desempenho pode ser inadequado para um projeto típico de construção, principalmente quando os conceitos da Construção Enxuta são aplicados. Limitações foram discutidas em diversas áreas que vão desde a inadequação do vocabulário (com o uso da palavra valor) a erros conceituais (desconsideração de um progresso naturalmente baixo nos estágios iniciais de trabalho).

A variabilidade da previsão de custos e prazo para o término foi muito alta, em particular, observaram-se picos em fases iniciais de trabalho. Informações duvidosas podem causar uma sobrecarga de atividades para o gestor, causando excessivas reprogramações do trabalho com base em previsões erradas. Como a Construção Enxuta deseja estabilidade para os processos, ou seja, reduzir as incertezas e a variabilidade (do produto e do processo), esta é uma limitação crítica.

O uso de custos como parâmetro para medição do progresso gerou níveis inaceitáveis de distorção de até 87% em relação ao progresso físico medido em

termos de horas-homem. Isso inflige diretamente o princípio de transparência, quando atividades que não haviam sido planejadas para o período em análise geram desempenho de prazos distorcidos.

Ademais, o processo incorreto de adicionar o custo indireto de construção gerou um aumento da ordem de 20% em relação ao avanço físico, o que é difícil de justificar como Valor Agregado para o cliente. Isso agrava ainda mais o problema de transparência.

Em suma, o EVM é limitado à avaliação financeira de progresso em um projeto de construção, com todos os defeitos que o dinheiro produz como parâmetro de equivalência entre todas as atividades. Para ser valiosa, técnicas de medição devem ser fundamentadas também em aspectos físicos e qualitativos de progresso da produção. Este é um desafio que a Construção Enxuta representa para o Gerenciamento de Projetos: combinar as melhores características de ambas as filosofias de gestão.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se uma análise do comportamento dos Custos Reais, levando-se em consideração os Custos Gerenciais (custos orçados) e o Custo Financeiro (disponibilizado pelo setor de contabilidade da empresa). Recomenda-se, também, explorar a influência do BDI sobre o Valor Planejado, Valor Agregado e as análises de desempenho ofertadas pelo EVM, uma vez que há uma diferença implícita entre preços e custos de construção.

## REFERÊNCIAS

ACEBES, F.; PAJARES, J.; GALÁN, J. M.; LÓPEZ-PAREDES, A. Beyond earned value management: a graphical framework for integrated cost, schedule and risk monitoring.

**Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 74, p. 181–189, mar. 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.03.027>

ALVES, T. D. C. L.; MILBERG, C.; WALSCH, K. D. Exploring lean construction practice, research, and education. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 19, n. 5, p. 512–525, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/09699981211259595>

BASSIONI, H. A.; PRICE, A. D. F.; HASSAN, T. M. Performance measurement in construction. **Journal of Management in Engineering**, v. 20, n. 2, p. 42–50, 2004. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2004\)20:2\(42\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2004)20:2(42))

BECKER, T.; JASELSKIS, E. J.; EL-GAFY, M.; DU, J. Industry practices for estimating, controlling and managing key indirect construction cost at the project level. *In*: CONSTRUCTION RESEARCH CONGRESS 2012, West Lafayette, Indiana. **Anais...** West Lafayette, Indiana: ASCE, 2012.

CÂNDIDO, L. F.; LIMA, S. H. de O.; BARROS NETO, J. de P. Análise de sistemas de medição de desempenho na indústria da construção. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 2, p. 189–208, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212016000200087>

COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em administração**: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2005.



COOKE, J. E. Charting the Course of Progress. **Building**, v. 239, p. 44–45, 1980.  
DENG, F.; SMYTH, H.; ANVUUR, A. A critical review of PMS in construction: Towards a research agenda. *In: ANNUAL ARCOM CONFERENCE*, 28., 2012. Edinburgh. **Anais...** Edinburgh: ARCOM, 2012. Disponível em: <<http://discovery.ucl.ac.uk/1358228/>>. Acesso em: 27 nov. 2014.

FLEMING, Q. W.; KOPPELMAN, J. M. **Earned value project management**. 4. ed. Newton Square: PMI, 2010.

HEINECK, L. F. M.; ROCHA, F. E. M.; PEREIRA, P. E.; LEITE, M. O. Introdução aos conceitos lean: visão geral do assunto. **Coletânea edificar lean vol. 1**. Fortaleza: Expressão Gráfica Editora, 2009.

HINES, P.; HOLWEG, M.; RICH, N. Learning to evolve - a review of contemporary lean thinking. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 24, n. 10, p. 944–1011, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/01443570410558049>

HORMAN, M.; KENLEY, R. The application of lean production to project management. *In: PROCEEDINGS FOR THE 4TH ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 4., Birmingham. **Anais...** Birmingham: IGLC, 1996.

HORSTMAN, A.; WITTEVEEN, W. Performance indicators in the best value approach. **Advanced of Performance Information & Value**, v. 5, n. 2, p. 59–78, 2013.

JIN, Z.; DENG, F.; LI, H.; SKITMORE, M. Practical framework for measuring performance of international construction firms. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 139, n. 9, p. 1154–1167, 2013. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000718](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000718)

KAGIOGLOU, M.; COOPER, R.; AQUAD, G. Performance management in construction: a conceptual framework. **Construction Management and Economics**, v. 19, p. 85–95, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01446190010003425>

KIM, Y.; BALLARD, G. Is the earned-value method an enemy of work flow? *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 8., 2000, Brighton. **Anais...** Brighton: IGLC, 2000.

KORDE, T.; LI, M.; RUSSELL, A. D. State-of-the-Art review of construction performance models and factors. *In: CONSTRUCTION RESEARCH CONGRESS 2005*, San Diego. **Anais...** San Diego: ASCE, 2005.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. 1992. Stanford: Techniccal Repport 72. Center for Integrated Facility Engineering. Department of Civil Engineering. Stanford Univeristy., 1992.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. Helsinki University of Technology, 2000.

KOSKELA, L. Moving on - beyond lean thinking. **Lean Construction Journal**, v. 1, n. 1, october, p. 24–37, 2004.

KOSKELA, L.; HOWELL, G. The theory of project management : explanation to novel methods. *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 10., 2002, Gramado. **Anais...** Gramado: IGLC, 2002.

KOSKELA, L. J.; BALLARD, G. Is production outside management ? **Building Research & Information**, v. 40, n. 6, p. 724–737, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09613218.2012.709373>

LI, S.; WU, X.; HU, S.; HU, B. Performance evaluation of lean construction projects based on balanced scorecard. *In*: PROCEEDINGS FOR THE 23TH ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 23., Perth. **Anais...** Perth: IGLC, 2015.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota**: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MATTOS, A. D. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Pini, 2010.

NARBAEV, T.; DE MARCO, A. An earned schedule-based regression model to improve cost estimate at completion. **International Journal of Project Management**, v.32, n. 6, p. 1007-1018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2013.12.005>

NETTO, J. T.; QUELHAS, O. L. G.; FRANÇA, S.; MEIRINO, M. J. Estudo comparativo entre as práticas empresariais e a teoria de gerenciamento por valor agregado: o caso da construção. **Ambiente Construído**, v. 15, n. 3, p. 145–160, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000300032>

NUDURUPATI, S.; ARSHAD, T.; TURNER, T. Performance measurement in the construction industry: an action case investigating manufacturing methodologies. **Computers in Industry**, v. 58, n. 7, p. 667–676, set. 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2007.05.005>

OHNO, T. **O Sistema Toyota de produção**: além da produção em larga escala. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Practice for earned value management**. Newton Square: PMI, 2005.

SALEM, O.; SOLOMON, J.; GENAIDY, A.; MINKARAH, I. Lean construction: from theory to implementation. **Journal of Management in Engineering**, v. 22, n. 4, p. 168–175, 2006. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2006\)22:4\(168\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2006)22:4(168))

SALVATIERRA-GARRIDO, J.; PASQUIRE, C.; THORPE, T. Critical review of the concept of value in lean construction theory. *In*: PROCEEDINGS FOR THE 20TH ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 20., San Diego. **Anais...** San Diego: IGLC, 2010.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre: Artmed, 1996.

SPEAR, S.; BOWEN, K. Decoding the DNA of Toyota production system. **Havard Business Review**, v. 77, n. 5, p. 97–106, 1999.

TOOR, S.-R.; OGUNLANA, S. O. Beyond the “iron triangle”: stakeholder perception of key performance indicators (KPIs) for large-scale public sector development projects. **International Journal of Project Management**, v. 28, n. 3, p. 228–236, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2009.05.005>

VANDEVOORDE, S.; VANHOUCHE, M. A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics. **International Journal of Project**

Revista Produção Online, Florianópolis, SC, v. 16, n. 3, p. 947-965, jul./set. 2016.

**Management**, v. 24, n. 4, p. 289–302, maio 2006. DOI:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.10.004>

WHITE, D.; FORTUNE, J. Current practice in project management - an empirical study.

**International Journal of Project Management**, v. 20, p. 1–11, 2002. DOI:

[http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863\(00\)00029-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863(00)00029-6)

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riqueza. 5. ed. Rio de Janeiro, RJ: Campus, 1998.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.



Artigo recebido em 11/11/2015 e aceito para publicação em 16/08/2016

DOI: [http://dx.doi.org/ 10.14488/1676-1901.v16i3.2227](http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v16i3.2227)