

## Identificação de melhorias ligadas ao princípio lean da transparência na construção de edifícios residenciais – um estudo de caso

Luiz Fernando M. Heineck (UFSC) freitas8@terra.com.br

Izabel T. P. Rodrigues (FIBRA CONSTRUÇÕES LTDA.) izarodrigues@aol.com

Madalena Osório Leite (IRB EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS LTDA.) viladosol@secrel.com.br

Marcelo da Costa Teixeira (PPGEC-UFSC) marcelo\_cteixeira@superig.com.br

Sérgio Luiz Kemmer (PPGEC-UFSC) kemmer@ecv.ufsc.br

Thiago Ribeiro Francelino (INOVAÇON-CE) thiagofrancelino@yahoo.com.br

### Resumo

*Este artigo documenta uma série de inovações em pequena escala introduzidas por uma empresa de construção cearense em suas obras ao longo da última década. Essas inovações foram implementadas com base no conceito da transparência proposto pela Lean Construction (Construção Enxuta), com o intuito de melhorar a eficiência da empresa em todos seus aspectos (qualidade, custo, produtividade, entre outros). Iniciativas inovadoras na movimentação de materiais, na comunicação em obra, no planejamento do canteiro, nas condições de trabalho para a mão-de-obra, no planejamento da obra, no controle da execução, na padronização de procedimentos operacionais, na disponibilização de informações sobre a obra, entre outros são descritos, ilustrados e analisados quanto a seus impactos no desempenho da empresa. Este trabalho evidencia como essas iniciativas vêm contribuindo para o aumento da motivação dos funcionários, para a melhor compreensão do processo produtivo por parte de todos os envolvidos, inclusive os clientes; para a manutenção da organização do canteiro; para a melhoria da qualidade do produto final e outras vantagens apresentadas aqui.*

*Palavras-chave: Transparência, Construção Enxuta, Qualidade.*

### 1. Introdução

Este artigo descreve a aplicação do conceito da transparência em uma inovadora empresa de construção na cidade de Fortaleza, estado do Ceará, Brasil. Várias inovações administrativas, técnicas e conceituais são descritas, ilustrando como elas estão ligadas ao conceito da transparência em particular e aos conceitos lean em geral. O uso, na medição dos serviços, de computadores de mão que alimentam o sistema de informação do planejamento de curto prazo possibilita a obtenção de índices de produtividade que evidenciam as vantagens de tais inovações.

Este artigo mostra que o quadro atual é possível devido a uma série de circunstâncias favoráveis que caracterizam o mercado da construção nessa cidade e como essa empresa consegue se beneficiar disto. Uma série de inovações na construção será apresentada ao longo deste artigo como observadas em um canteiro de obras de uma importante empresa da cidade.

### 2. Inovações administrativas e tecnológicas em pequena escala e sua relação com o conceito de transparência

Inovações em pequena escala podem ser compreendidas pelo conceito proposto por Scardoelli et al. (1995). Elas podem ser definidas como qualquer procedimento gerencial ou tecnológico que difere das práticas usuais de uma região, com a clara intenção de melhorar a competitividade, quer em termos de custo, produtividade, qualidade ou economia de insumos.

Estas são usualmente implementadas com baixo custo, pelos funcionários da própria empresa.

Nesse sentido, Scardoelli et al. (1994) ressaltam que os procedimentos e equipamentos implantados nas empresas (inovações) melhoram a qualidade do produto e a produtividade dos trabalhadores.

Segundo Koskela (1992), a simples disponibilização da informação nos postos de trabalho por meio de dispositivos, indicadores, tabelas, gráficos ou quaisquer outros meios físicos, pode facilitar a identificação de problemas no processo produtivo. Bernardes (2001) resalta que o aumento da transparência nos processos produtivos pode reduzir a ocorrência de erros na produção.

Transparência foi definida por Santos (1999) como consistindo de ações gerenciais que resultam na redução da interdependência entre atividades, do uso de controle visuais que possibilitam a determinação do andamento da produção, da criação de um layout de trabalho que promova a visibilidade da maioria dos fluxos e atividades em execução, da incorporação de informações sobre a produção ao processo gerencial, da manutenção da organização e limpeza do canteiro e de ações para promover a visibilidade dos atributos da produção através de medições e indicadores.

Para Isatto et al. (2000) o aumento da transparência nos processos facilita a visualização dos erros no sistema de produção. Segundo os referidos autores, este princípio pode também ser considerado como um mecanismo para aumentar o comprometimento dos operários no desenvolvimento de melhorias.

Formoso et al. (2002) consideram que a transparência pode trazer benefícios diretos para o desempenho dos sistemas de produção, além de servir de base para a implementação de outros princípios relacionados a Nova Filosofia de Produção.

Segundo Mctighe (1991) apud Oliveira (1999) a consideração do princípio de transparência não é exclusiva dos processos físicos, ou seja, pode ser também aplicada em processos gerenciais, mais especificamente no que se refere ao fluxo de informações.

### **3. Metodologia**

Para o desenvolvimento do trabalho, buscou-se identificar exemplos práticos de melhorias implantadas no canteiro de obra da empresa objeto deste estudo de caso.

Vale ressaltar que a empresa em questão participa do programa INOVACON (Programa de Inovação da Indústria da Construção Civil do Ceará) e que por meio deste obteve conhecimentos relacionados à construção enxuta. Após a implementação de algumas inovações, os gerentes da empresa reuniram-se juntamente com os pesquisadores com a finalidade de listar o que já se encontrava implantado e as possíveis relações com os princípios de construção enxuta, em específico o da transparência nos processos.

Uma longa lista de inovações inclui: uso de mão-de-obra própria; provisão de instalações sanitárias adequadas; refeitório; vestiário com armários individuais; local seguro para bicicletas; instalações de recreação para períodos de descanso; refeições de melhor qualidade; atendimentos médicos, odontológicos e vacinação; canteiro limpo e organizado; provisão de equipamento de segurança e obrigatoriedade de seu uso; proteção adequada de locais perigosos.

A maior parte das inovações observadas nesse canteiro é descrita nas seções seguintes. Todas foram implementadas com sucesso e fazem agora parte da tecnologia e da cultura da empresa.

#### **4. Layout de canteiro**

Quando chegando a este empreendimento é possível se perceber as seguintes inovações em termos de layout: grade ao redor de todo o canteiro, deixando a área de trabalho totalmente visível por fora; portões em vários pontos da grade externa, tornando possível o acesso ao canteiro em qualquer direção e permitindo o descarregamento e armazenamento organizado e simultâneo de diferentes materiais; barreira hidráulica para evitar possíveis alagamentos; escritório de alvenaria com cinco computadores ligados em rede; grade e escritório pintados em branco, contribuindo para a aparência de organização e limpeza do canteiro; túnel de madeira ligando a parte interna do canteiro com o interior do edifício, permitindo acesso seguro para os clientes, visitantes e funcionários; stand de vendas dentro do canteiro; apartamento modelo na escala de 1:1, onde os clientes podem ter a verdadeira sensação de como será viver em seu apartamento; uso do apartamento modelo como protótipo para orientação dos operários quanto à aparência final do produto, materiais que serão utilizados e qualidade exigida para os acabamentos; maquete do edifício na escala 1:50, um tamanho três vezes superior ao das maquetes padrão utilizadas nos stands no Brasil e que permite uma avaliação precisa dos detalhes da construção como a forma em que a cerâmica será assentada na fachada.

#### **5. Iniciativas de visibilidade relacionadas a projeto**

Outro grupo de inovações está relacionado à forma do edifício e como ele está disposto no terreno. Fortaleza está situada no nordeste do Brasil com sua costa voltada para o norte. A temperatura média fica em torno dos 30° Celsius durante o dia. A ventilação vem predominantemente do mar, proporcionando melhor conforto térmico. Isso faz com que seja desejável que os quartos e salas dos apartamentos sejam projetados para o norte. Cozinhas, lavanderias e corredores externos são situados no lado oposto (sudeste). Isto resulta em edifícios finos e longos, com cerca de 10 metros de largura e 40 metros de comprimento a fim de acomodar cinco unidades por pavimento. Para posicionar este bloco retangular no terreno, torna-se necessário utilizar áreas maiores que permitam girar o edifício e posicioná-lo de forma conveniente quanto à orientação solar. O resultado final é que a torre ocupa uma pequena porção do terreno, deixando muito espaço para o canteiro. Ainda, do escritório é possível controlar todo o canteiro, como pode ser visto na figura 1, ilustrando o trabalho de execução da fundação.

A forma retangular do edifício permite uma construção linear. Não apenas é possível ver o andamento do trabalho em uma Linha de Balanço, primeiro com as atividades avançando do primeiro pavimento para cima e posteriormente de cima para baixo, como também se pode planejar o trabalho linearmente ao longo do comprimento do pavimento.



Figura 1 – Execução da fundação vista do escritório

## 6. Visibilidade relacionada à precedência

Várias decisões quanto à seqüência das atividades fazem o trabalho ainda mais visível. O contrapiso é executado antes da alvenaria interna. A alvenaria interna é erguida o mais cedo possível, a fim de evitar a necessidade de se executar instalações provisórias de segurança para proteger os operários contra quedas. O reboco de teto também é executado antes da alvenaria.

## 7. Uso de equipamento para dar visibilidade a pontos ocultos

Pontos ocultos são tornados visíveis com o uso de câmeras de vídeo. Um exemplo é o elevador de carga, que é operado por um funcionário acomodado próximo ao motor situado no térreo. Esta equipe de solo é capaz de controlar o carregamento e o descarregamento do elevador em cada pavimento observando a câmera. Isso contribui para a operação segura do equipamento. Os principais funcionários do canteiro de obras usam rádios para facilitar a comunicação e localizar os demais operários.

Todas as áreas do canteiro são claramente sinalizadas com placas de identificação. O local de trabalho e o número de identificação da equipe fazem parte e são fundamentais para o planejamento de curto prazo. Esse sistema de planejamento e controle da produção baseado no uso de computadores de mão será descrito no final do artigo.

## 8. Transparência devido a atividades antecedentes

Uma série de atividades antecedentes introduz um tipo especial de visibilidade no canteiro. Elas funcionam como um tipo de lembrete do que é esperado para vir como parte das atividades quando elas forem efetivamente desenvolvidas. O mais importante exemplo é o sistema de controle de inundações já descrito na seção de layout deste artigo. As barreiras hidráulicas são visíveis para todos que têm algum contato com o edifício, como operários, clientes ou passantes. Isso lembra a todos os envolvidos que a chuva virá e um cuidado especial deve ser tomado com uma atividade extra normalmente negligenciada, denominada drenagem permanente do canteiro.

Instalações provisórias de água e eletricidade são executadas antes de sua real necessidade, utilizando o máximo possível das tubulações e passagens que serão incorporadas ao edifício. Cada ambiente nos 23 pavimentos possui um ponto de iluminação que deve ser equipado com uma lâmpada e ligado quando qualquer trabalho estiver sendo executado na área. Isso literalmente aumenta a visibilidade e lembra aos funcionários que a falta de iluminação não é uma desculpa para um trabalho de baixa qualidade. Esta iniciativa também desencoraja a

tendência natural que alguns operários têm de se esconder nos pontos escuros do labirinto formado pelas paredes da alvenaria interna. Isto permite ainda uma rápida identificação dos locais onde as atividades estão sendo executadas; pelas luzes acesas.

A areia é peneirada através de peneiras montadas no topo de um vibrador mecânico. Este trabalho preparatório é feito no meio da central de argamassa, deixando claro, para todos os envolvidos, que é exigida uma alta qualidade na preparação dos traços. A peneira mecânica funciona como uma peça modelo em um ponto bem visível no layout do térreo.

Blocos de concreto de 40x40x100cm de altura são dispostos no térreo ao redor da torre principal, permitindo um alinhamento preciso de cada pavimento com um eixo de referência ortogonal. Um nível a laser é constantemente utilizado no canteiro, criando um perfeito plano imaginário horizontal a cerca de 1m de altura. Os operários conscientizam-se de que os planos horizontais reais, tanto no piso quanto no teto, podem ser facilmente orientados por este plano de referência. Um perfeito nivelamento só é possível quando pontos-chave específicos são verificados, mas pode-se colocar que uma das contribuições do nível a laser é a criação na mente dos trabalhadores de um plano horizontal virtual de referência.

### **9. Transparência devido a projetos**

Projetos executivos específicos são desenhados para a produção de lajes de concreto, de contrapiso, alvenaria e cerâmica de fachada. O primeiro grupo de projetos executivos diz respeito à produção das lajes de concreto. Este componente estrutural é executado com uma laje de 25cm de espessura, composta dos seguintes elementos: há uma fina camada de cobertura de 4cm de concreto no topo de uma malha de blocos de 40x40cm e 21cm de profundidade. O espaço na malha entre os blocos é preenchido com blocos cerâmicos complementados com uma camada de espuma de poliestireno de 7cm de profundidade. Esta solução foi determinada com o intuito de se conseguir um reboco de teto plano. Anteriormente, vazios eram deixados na estrutura, sendo necessário se aplicar um reboco de teto em gesso. A durabilidade, a qualidade e os custos eram inaceitáveis. Ademais, esta representava mais uma operação efetuada por subcontratados, o que vai de encontro à cultura da empresa de trabalhar fundamentalmente com mão-de-obra própria. A figura 2 ilustra a composição da laje e sua concretagem.

A exata posição da malha de blocos e dos blocos de cerâmica de preenchimento é determinada previamente, a fim de facilitar o posicionamento das instalações descendentes elétricas, sanitárias e hidráulicas através da camada final de concreto de 4cm. Seria complicado se as instalações descendentes demandassem que fossem perfurados os blocos de concreto de 21cm de profundidade. Ainda, torna-se necessário se tomar decisões antecipadas sobre onde diferentes tamanhos de malhas devem ser empregados para compensar dimensões não modulares da laje. Todas as malhas em desacordo com o padrão são claramente marcadas nos projetos executivos.

É interessante observar que os blocos cerâmicos são previamente colados com as folhas de poliestireno. Esta pré-fabricação é feita em um espaço aberto no térreo, facilitando o controle do ritmo de produção.

Na execução do contrapiso são deixadas marcas na superfície indicando a exata posição de cada parede e abertura de porta que serão levantadas posteriormente. Muito cedo no processo de construção é possível ter uma idéia do layout final da alvenaria de cada apartamento. Os eixos da alvenaria são determinados por seus projetos específicos.



Figura 2 – Concretagem no topo dos blocos cerâmicos e de poliestireno

A alvenaria é executada de acordo com as necessidades de cada projeto específico, detalhando a posição de cada bloco cerâmico, aberturas, caixas de ar condicionado e LINTELS. Devido ao fato de que as dimensões finais da estrutura de concreto diferem de seu projeto e de que os blocos cerâmicos não têm exatamente sua dimensão nominal, mostrou-se muito difícil garantir o posicionamento exato de cada elemento na parede. Um sistema foi projetado para superar este problema, possibilitando aos pedreiros fazerem um protótipo de cada parede, usando blocos de madeira na escala 1:6.66. Esses blocos de madeira têm uma fina camada de filme magnético, permitindo fixá-los no topo de uma placa de ferro. Em vez de tentar fixar cada bloco em sua exata posição, os pedreiros tentam simular a construção da parede levando em consideração apenas seus eixos mais importantes, como posição vertical de janelas e portas, posição vertical de tubulações e posição horizontal de LINTELS. Somente depois desta parede protótipo ter sido aprovada pelo mestre de obras, os pedreiros podem continuar com seu trabalho. Assim, as paredes são examinadas duas vezes antes de serem construídas, uma quando os projetos são estudados e outra quando as paredes virtuais são construídas.

A idéia de que cada centímetro é importante é vital para a construção dos apartamentos, já que as unidades são pequenas: corredores, aberturas de portas, e posicionamento de louças sanitárias são projetadas para suas dimensões mínimas requeridas; se o reboco ou a cerâmica das paredes for mais grossa do que o especificado, esses elementos serão prejudicados.

As fachadas são todas em placas cerâmicas de 10x10cm. Infelizmente, o tamanho e o posicionamento das janelas não seguem um padrão modular de 10cm. O mesmo ocorre com a altura de cada pavimento. Assim, antes do assentamento da cerâmica é necessário analisar como é possível evitar cortes para acomodar distâncias não modulares entre aberturas de janelas e a altura do pavimento. Ainda, muitas cores diferentes são usadas em faixas verticais e horizontais, exigindo paginação. Uma paginação virtual é feita inicialmente através de projetos executivos. Depois, a paginação real é feita com fios ao redor de toda a fachada e colando-se placas cerâmicas de referência em sua posição final. Todas as distâncias não modulares verticais e horizontais podem ser cobertas sem cortes na cerâmica aumentando-se ou diminuindo-se em escalas mínimas as juntas nominais de 1cm entre as unidades. O resultado final é que este projeto de fachada na escala 1:1, usando fios e placas cerâmicas de referência, possibilita a compreensão de como o edifício ficará muito antes da efetiva execução do assentamento da cerâmica de fachada.

## 10. Inovações tecnológicas e o fluxo de operações

Avanços tecnológicos na alvenaria e no contrapiso também aumentam a transparência, evidenciando o fluxo de atividades para executá-los do começo ao fim. A alvenaria é erguida analisando-se todas as operações de seu fluxo e introduzindo-se pequenas inovações tecnológicas em cada etapa do processo. Os tijolos são descarregados em baias especiais espalhadas ao longo da grade externa do canteiro. As baias são da mesma altura da plataforma da laje do pilotis. Os tijolos são arrumados em pallets manualmente e então transportados para o elevador de carga em carros de mão especiais. O caminho da área de estocagem até o elevador é previamente pavimentado a fim de garantir um transporte mais suave. Isto também ajuda a apontar o caminho mais curto para o transporte e sinaliza que este caminho não pode ser interrompido pelo armazenamento temporário de outros materiais ou qualquer outro tipo de restrição ao fluxo.

A areia e o cimento são misturados nas quantidades especificadas em um quadro colorido fixado na área de mistura. Carros de mão coloridos e especialmente projetados para este fim transportam a quantidade exata de areia para o misturador, que juntamente com 50kg de cimento irão produzir um traço.

Os carros de mão especiais para o transporte de pallets de tijolos foram projetados para caber dentro do elevador de carga, não deixando espaço e tornando fácil o manuseio dos mesmos para dentro e fora do elevador. Os pallets de tijolos são posicionados ao longo das paredes que serão erguidas, em locais previamente determinados pelo mestre de obras. Os traços são armazenados em recipientes móveis, que suportam todo o equipamento para a execução da alvenaria, água e um local para coletar as sobras de tijolos. Andaimos internos foram projetados para oferecer segurança, estabilidade e facilidade na montagem, desmontagem e limpeza.

Assim, o processo de execução da alvenaria funciona como um testemunho de como o fluxo deve ser melhorado no canteiro antes de se processarem as atividades de conversão. Ele representa o que é possível se fazer hoje para aumentar a eficiência da produção, dada a atual maturidade do mercado de suprimentos da construção civil. Ainda não é possível, por exemplo, receber tijolos já armazenados em pallets pelo produtor; como também é inviável o uso de guias em larga escala em Fortaleza.

## 11. Medição dos serviços e da produtividade

O sistema de informação é baseado em um software que é capaz de fornecer informação de controle de custo ao nível das operações individuais. O custo das operações individuais é previamente estimado e então exportado para um plano CPM estratégico de produção. A rede de atividades a executar é disposta no canteiro. O engenheiro e o mestre da obra reúnem-se ao final de cada dia para planejar as atividades do dia seguinte. Diariamente as ordens de serviço são emitidas e distribuídas entre os operários. Um computador de mão é utilizado para efetuar o controle e a medição dos serviços executados à medida que um responsável percorre todo o canteiro. Em cada ciclo de observação, o operador do computador de mão checa o progresso de cada atividade, mudando sua situação de em execução para medido, acabado, tecnicamente aprovado ou retrabalho. Cada trabalho executado é medido e a informação introduzida no computador de mão alimenta o sistema de informação que determina se o progresso da atividade está de acordo com a programação ou não. As causas dos atrasos também são identificadas e registradas no computador. Acredita-se que este procedimento amplifica o conceito do last planner<sup>1</sup>, através da verificação e ajuste fino das atividades que estão supostamente sendo executadas sem interferências, uma vez que foram determinadas a partir

de uma lista de tarefas definida para proteger a produção. A experiência tem mostrado que a variabilidade na produção é tal que se torna permanentemente necessário checar se as atividades estão sendo executadas conforme planejado, levando a altos índices de PPC. Ainda, a qualidade do trabalho aprovado pelo mestre de obras deve ser concomitantemente avaliada. O sistema foi desenvolvido com o objetivo de reduzir custos administrativos. A maior parte das atividades administrativas demandadas neste processo já faz parte das atividades exigidas usualmente para preparar a folha de pagamento.

É necessário se dizer que desde o início dos anos noventa um considerável número de empresas de construção em todo o Brasil começou a implementar melhorias na qualidade e produtividade de seus canteiros. Nenhuma delas pode justificar a adoção desses melhoramentos em termos reais de redução de custos ou qualquer outra forma de medição de desempenho, devido à simples razão de que raramente essas medições são efetuadas. É possível encontrar empresas de construção inovadoras operando sem uma estimativa de custo detalhada de seus trabalhos. Assim, a adoção de inovações tecnológicas e gerenciais é um ato de fé, estratégia de marketing ou simplesmente bom senso. Pela primeira vez é possível se comparar desempenho antes e depois de as inovações serem introduzidas através do uso deste sistema de computadores de mão. Os sistemas de controle de custos anteriormente em uso por esta empresa de construção fornecem informação em um grande nível de detalhes. Até 1994, as altas taxas de inflação do mercado brasileiro inviabilizavam o uso de qualquer sistema de gerenciamento de custos.

A unidade de trabalho para fins de medição abrange cada pavimento da torre de 23 andares. A produção é avaliada em termos de número de dias que uma equipe leva para terminar a atividade em cada pavimento. Assim, a informação é disposta em número de dias para terminar a estrutura reforçada de concreto, o reboco de teto, o contrapiso, a alvenaria externa, a alvenaria interna e todas as outras atividades que estão compreendidas nas estimativas e na programação CPM.

## 12. Conclusões

A maioria das inovações que foram implementadas nesse canteiro aumenta a transparência e a visibilidade das operações. Os funcionários podem agora entender melhor como o fluxo de recursos é organizado e que atividades estão sendo realizadas hoje para melhorar os processos no futuro. Um esforço adicional que aumentaria a transparência é o uso de computadores de mão para coletar informação sobre a produção, evidenciando as vantagens financeiras das inovações implementadas. Essa vantagem já é evidente com relação à execução do contrapiso imediatamente após a concretagem da laje, proporcionando uma redução de 12% no custo total destas atividades somadas.

As medidas citadas neste artigo são agora partes integrantes de como a empresa organiza seus canteiros. Não se questiona a oferta de quaisquer dessas facilidades, quanto será gasto com elas ou quem é responsável por implementá-las. Elas são partes da cultura da empresa. Pode-se questionar se essas iniciativas têm relação com o conceito da filosofia lean. Os autores sustentam que, uma vez que elas ajudam a manter um ambiente limpo e organizado, estão intimamente ligadas com o conceito da transparência. Futuras evidências com relação a outras ações tomadas nesse canteiro irão reforçar a adoção de inovações para a transparência, não apenas por razões lógicas, mas também financeiras.

## Referências

**BERNARDES, M. M. S.** *Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle de produção para micro e pequenas empresas de construção*. 2001. 282p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**FORMOSO, C. T.; SANTOS, A.; POWELL, J. A.** *An exploratory study on the applicability of process transparency in construction sites.* Journal of Construction Research, v. 3, n. 1, p. 35-54. June 2001.

**ISATTO, et al.** *Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil.* Porto Alegre: SEBRAE-RS, 2000.

**KOSKELA, L.** *Application of the new production philosophy to construction.* Technical Report no72, 75p. Filand: CIFE, 1992.

**SANTOS, A.** *Application of flow principles in the production management of construction sites.* 1999. Doctoral thesis submitted to the University of Salford, Salford, U.K.

**SCARDOELLI, L., SILVA, M.F.S., FORMOSO, C. T., HEINECK, L. F. M.** *Melhorias de qualidade e produtividade: iniciativas das empresas de construção.* Porto Alegre: Programa de Qualidade e Produtividade da Construção Civil no Rio Grande do Sul. 1994. 288p.

**SCARDOELLI, L. S.** *Iniciativas de melhorias voltadas a qualidade e a produtividade desenvolvidas por empresas de construção de edificações.* 1995. 148p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**OLIVEIRA, K. A. Z.** *Desenvolvimento e implementação de um sistema de indicadores no processo de planejamento e controle da produção: proposta baseada em estudo de caso.* 1999. 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**OLIVEIRA, R.** *Repetição e produtividade na construção civil: estudo da execução de estruturas de edifícios,* 17 Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP-97, Anais... Gramado, RS, Outubro de 1997;

**VARALLA, R.** *Planejamento e controle de obras, coleção primeiros passos da qualidade no canteiro de obras.* Ed. Nome da Rosa. São Paulo, 2003;