

Uma proposta para a Classificação de decisões voltadas a melhoria da construtibilidade

Fernanda Aranha Saffaro (Uel) saffaro@uel.br
Débora de Góis Santos (UFSC) deboragois@yahoo.com.br
Luiz Fernando Heineck (UFSC) heineck@deps.ufsc.br

Resumo

Os modelos do processo de projeto citados na bibliografia vêm sofrendo críticas quanto a sua efetiva aplicação em empreendimentos de construção civil. A principal crítica tem sido com relação à implementação de todas as etapas sugeridas nos modelos.

Profissionais argumentam que há necessidade de traduzir as etapas em ações que efetivamente contribuam para a melhoria do processo e do produto final. Neste sentido, a construtibilidade apresenta-se como uma linha de atuação com potencial a ser explorado em pesquisas, uma vez que se traduz em ações práticas com benefícios em curto prazo.

A contribuição deste trabalho consiste em propor uma classificação para as decisões voltadas a melhoria da construtibilidade a partir de soluções corriqueiramente adotadas em canteiros.

A busca de uma classificação abriria frente para pesquisas futuras que tenham como objetivo traduzir as decisões voltadas à melhoria da construtibilidade em diretrizes inseridas nas grandes etapas do processo de projeto, porém sem que novos passos sejam acrescentados ao mesmo.

Palavras chave: Construtibilidade, Projeto do produto, Projeto do sistema de produção.

1. Introdução

O conceito estabelecido pelo *Construction Industry Institute (Construction Management Committee of the ASCE Constructio Division, 1991)*, definindo construtibilidade como “o uso ótimo do conhecimento e experiência em planejamento, contratação, projeto e atividades de canteiro para atingir os objetivos globais do empreendimento” é adotado por vários autores. Na bibliografia o conceito também está associado à facilidade de construir, garantindo um melhor aproveitamento dos recursos empregados (Silva e Souza, 2003).

O conceito proposto pelo CII enfatiza a amplitude de contribuição dos agentes envolvidos nas diversas etapas do empreendimento, entretanto não esclarece se as decisões que contemplam aspectos de construtibilidade são restritas à etapa de projeto, ou seja, se a construtibilidade está sempre associada a características físicas do produto definidas no projeto.

O enfoque excessivamente amplo deste conceito exigiu uma leitura apurada da bibliografia com intuito de identificar no texto esclarecimentos quanto ao caráter das decisões relativas a construtibilidade. Nesta busca não se observou qualquer questionamento quanto ao conceito estabelecido pelo CII e nenhum posicionamento claro quanto caráter das decisões relativas a construtibilidade.

Nesta leitura foram identificadas pesquisas em que os autores apoiaram-se no conceito do CII, entendendo que as contribuições para a garantia da construtibilidade vêm de todos os agentes envolvidos no empreendimento, porém apenas foi possível deduzir que havia uma crença no projeto como indutor da construtibilidade porque não foram citados exemplos de boas práticas de gestão que visassem a facilidade de construir. Na revisão bibliográfica efetuada as pesquisas que aparentemente restringiram o conceito de construtibilidade às características

físicas do produto contempladas no projeto foram Eldin (1988); Gambatese e Mc Manus (1999); Dunston e Williamson (1999); Russell e outros (1993), Rodriguez e Heineck (2003).

Já outros autores, embora reconheçam o potencial do projeto como a principal fonte geradora de ações voltadas a construtibilidade, destacam que na etapa de execução ocorrem decisões que repercutem na facilidade de construir (O'Connor e Tucker, 1986; Tatum, 1987; King, 1987). Neste caso, decisões de gestão do processo, tais como alterar o seqüenciamento de atividades na fase de execução com o objetivo de facilitar a construção, são classificadas por estes autores como ações voltadas a construtibilidade. King (1987) esclarece que na fase de execução ocorrem situações não previstas no projeto, exigindo ações que visem evitar que os objetivos globais do empreendimento sejam comprometidos.

Embora esta segunda visão venha sendo interpretada como uma evolução do conceito de construtibilidade, decisões gerenciais do gênero - alteração do sequenciamento de atividades na fase de execução - são propiciadas por características do projeto de permitir tal flexibilidade. Esta flexibilidade pode ser explorada em etapas posteriores do desenvolvimento do produto, como por exemplo, na definição do plano de ataque a ser adotado na execução (caráter macro – estratégico) ou ainda, em nível micro, porém é garantida no projeto.

Além disso, novas filosofias de gestão do produto têm garantido uma sobreposição temporal das atividades de planejamento, projeto e execução, ampliando a capacidade do projeto de receber contribuições da etapa de execução a tempo de serem aproveitadas. O projeto do sistema de produção vem sendo encarado como o veículo para propiciar a troca de conhecimentos entre os agentes envolvidos nestas etapas e assim, efetivamente aproximá-las.

Portanto, entende-se que houve uma evolução no potencial da função projeto, aumentando sua capacidade de antecipar decisões, visando atender aos objetivos globais de um empreendimento. Pode-se dizer que há um consenso geral entre todos os autores citados no que tange a importância de obter informações e antecipar decisões para as etapas iniciais do empreendimento (planejamento e projeto), parecendo ser este um ponto fundamental e um passo a frente na busca de um esclarecimento do conceito de construtibilidade.

Este trabalho apresenta os resultados de uma coleção de exemplos práticos de construtibilidade registrados por meio de fotografias com o objetivo de subsidiar uma proposta de classificação das idéias voltadas a melhoria da construtibilidade, estabelecendo categorias de decisões a serem inseridas ao longo das etapas de desenvolvimento do produto. No exercício de definição das categorias é identificada também a etapa do desenvolvimento do produto em que cada decisão seria tomada de forma a contribuir para uma evolução nos questionamentos relativos ao conceito de construtibilidade.

2. Método

A estratégia de pesquisa deste trabalho consistiu em um levantamento exploratório onde se buscou, a partir de um conjunto de 285 fotos, identificar em canteiro decisões que ferissem ou acolhessem o conceito de construtibilidade e que possuíssem características comuns entre si de forma a estabelecer categorias. Um levantamento em trabalhos científicos que apresentam uma classificação de fatores que afetam a construtibilidade permitiu uma análise crítica as categorias encontradas neste trabalho, contribuindo para a proposta final de categorização e para a sistematização do conceito.

A coleta conduzida em canteiro foi realizada em edifícios residenciais de múltiplos pavimentos nas cidades de Florianópolis, Aracaju e Fortaleza no período de 2000 a 2003. As etapas de obra abrangidas na coleta foram: alvenaria; cobertura; revestimento argamassado externo e interno; revestimento cerâmico interno e de fachada; instalações prediais

(embutimento e acabamento); revestimentos de pisos; execução de forros (gesso e madeira); esquadrias e pintura.

As categorias encontradas neste trabalho são confrontadas com as propostas em um trabalho nacional (Oliveira, 1994) e em um trabalho internacional (O'Connor e Tucker, 1986). Da mesma forma que no último trabalho citado, é apresentada a frequência de ocorrência das categorias definidas. Em função da quantidade de casos coletados, a intenção é limitada à exploração das categorias encontradas e não propriamente diagnosticar a frequência de ocorrência das mesmas. Entretanto, conclusões gerais relativas à natureza das decisões envolvidas nas situações registradas são possíveis e permitem reflexões a cerca da amplitude do conceito de construtibilidade colocado em discussão no item anterior. Entende-se por natureza às funções projeto do produto e gestão (planejamento e execução), sendo que as idéias registradas na classe gestão alimentam o projeto do sistema de produção.

Foi registrada também a atividade funcional em que cada situação havia sido gerada, fosse ela um exemplo positivo ou negativo de construtibilidade. Aqui, mais uma vez em decorrência da quantidade de dados coletados, a intenção não é diagnosticar atividades com maior potencial de contribuição à construtibilidade, mas sim pontos carentes de iteração entre os agentes envolvidos (arquiteto, projetista estrutural, hidráulico, elétrico, gerente de produção).

3. Resultados

Os resultados aqui apresentados consistem em:

- Proposta inicial de categorias de decisões que repercutem na construtibilidade, sendo esta fundamentada no levantamento efetuado em canteiro;
- Categorias de decisões segundo as atividades funcionais em que as mesmas foram geradas;
- Proposta final de categorias de decisões que repercutem na construtibilidade, sendo esta fundamentada no levantamento efetuado em canteiro e em análises de trabalhos científicos similares;
- Esquema geral para a sistematização do conceito de construtibilidade.

3.1. Categorias de decisões com repercussão na construtibilidade

O Quadro 1 apresenta a proposta inicial de categorias de decisões que repercutem na construtibilidade a partir do levantamento efetuado em canteiro, explicitando os percentuais de frequência de ocorrência de cada categoria. O Quadro 2 correlaciona essas categorias de decisões às atividades funcionais em que as mesmas foram geradas.

Denominação da Categoria	Frequência	Frequência (%)	Descrição da Categoria
Acessibilidade	33	11,6	Espaços adequados para trabalho e transporte facilitado no canteiro.
Adequação	62	21,7	Escolha adequada de materiais ao local de aplicação (forma, tamanho/modulação, coloração, propriedades físicas e químicas), buscando reduzir a variedade e assegurando-se da disponibilidade no mercado.
Coordenação de Planos	132	46,3	Coordenação no plano, entre planos e volumétrica evitando recortes, baixa produtividade, evitando ângulos, inclinações e superfícies curvas, favorecendo a definição clara de pacotes de trabalho.
Embutimentos	37	13,0	Combate ao embutimento de elementos, evitando mochetas e enchimentos.
Seqüenciamento de atividades	20	7,0	Combate à seqüência induzida, impondo interdependência entre atividades.
Manutenabilidade	1	0,4	Facilidade de executar a manutenção na fase de uso.

Quadro 1– Proposta inicial de categorização (levantamento em canteiro)

Atividade Funcional	Frequência de ocorrência nas categorias de decisões que repercutem na construção					
	Acessibilidade	Adequação	Coordenação de Planos	Embutimentos	Seqüenciamento	Manutenabilidade
Estrutura		7	3			
Alvenaria	1	8	4			
Cobertura		1	8		2	
Revestimento argamassado externo e interno	6	13	11		2	
Revestimento cerâmico externo, interno e bancada	6	11	32		1	1
Instalação hidráulica	1		4	19	4	
Instalação elétrica		4	6	17	6	
Revestimento de pisos		8	33		1	
Forros	5	3	1			
Esquadrias		5	30			
Pintura	5	1			3	
Paisagismo				1		
Transporte no canteiro	9	1			1	
Total	33	62	132	37	20	1

Quadro 2– Categorias de decisões segundo a atividade funcional (levantamento em canteiro)

Oliveira (1994) apresenta cinco categorias de fatores que afetam a construtibilidade. São eles:

1. Simplificação do projeto;
2. Padronização;
3. Seqüência executiva e interdependência entre atividades;
4. Acessibilidade e espaços adequados para o trabalho;
5. Comunicação projetos/obra.

A partir de um levantamento de 335 exemplos de melhoria da construtibilidade coletados em

uma obra de refinaria, O'Connor e Tucker (1986) propõem a categorização apresentada no Quadro 3.

Denominação da Categoria	Descrição/Exemplo da Categoria
1. Projeto voltado para a construção	
Técnica de construção originada do projeto	Pré-fabricação apoiada pelo projeto, conexões aparafusadas versus soldadas.
Simplificação da configuração / combinação de elementos	Identificação de detalhes complexos.
Padronização / repetição de elementos	Padronização de dimensões, fachadas, tipos de materiais, detalhes construtivos, sistemas prediais.
Flexibilidade/Adaptabilidade dos elementos.	Identificação de necessidades de tolerâncias dimensionais ou capacidade para ajuste em canteiro.
Acessibilidade proporcionada pelo projeto	Identificação de espaços confortáveis, permitindo acesso de trabalhadores, equipamentos, materiais.
2. Comunicação efetiva de informações relativas a construção	
Disponibilidade de informações	Melhorias nas informações relativas a tempo, conteúdo e precisão.
Compreensão das informações	Melhorias na clareza, forma e métodos de apresentação da informação; uso de modelos.
3. Otimização das técnicas de construção	
Melhorias das técnicas e seqüências de execução.	Modificações de tempo para execução, seqüências.
Melhorias no uso de materiais	Utilização de materiais reciclados, substituição de materiais mais baratos.
Melhorias no uso de equipamentos	Desenvolvimento de novos equipamentos, tecnologia avançada em equipamentos e ferramentas.
4. Gerenciamento efetivo de recursos	
Mão de obra	Melhorias nas atribuições dos trabalhadores e definição do trabalho, detecção de necessidade de treinamento.
Materiais de construção	Melhorias na armazenagem e distribuição dos materiais.
Equipamentos	Melhorias na armazenagem, manuseio e gerenciamento dos equipamentos.
Custo/Programação/Qualidade	Melhorias na produção e comunicação de informações gerenciais no canteiro.
5. Melhorias dos serviços prestados por fornecedores e sub-contratados	
Identificação de materiais e transporte (contrato)	Melhorias na identificação e acondicionamento de materiais
Melhorias na atribuição de responsabilidades	Modificações significativas na definição do trabalho (responsabilidades).
6. Feedback do canteiro para o projeto	
	Comunicação entre pessoal de canteiro e projetistas.

Quadro 3 – Categorias de exemplos de melhorias da construtibilidade (O'Connor e Tucker, 1986)

O Quadro 4 apresenta a proposta final de categorização das decisões que repercutem na construtibilidade, diferindo do Quadro 1 (proposta inicial) em dois pontos:

1. Foi acrescida a categoria “Operação e Uso”, onde os aspectos funcionais da edificação devem ser considerados.
2. A categoria “Acessibilidade” foi dividida em duas categorias denominadas “Acessibilidade de trabalhadores e ferramentas ao trabalho” e “Acessibilidade de materiais e equipamentos” (acesso facilitado ao material estocado e transporte facilitado ao posto de trabalho).

Denominação da Categoria	Descrição da Categoria
Acessibilidade de trabalhadores	Espaços adequados para trabalho (mão de obra e ferramentas).
Acessibilidade de materiais e equipamentos	Acesso facilitado ao material estocado e transporte facilitado ao posto de trabalho.
Adequação	Escolha adequada de materiais ao local de aplicação (forma, tamanho/modulação, coloração, tolerância dimensional, propriedades físicas e químicas), buscando reduzir a variedade e assegurando-se da disponibilidade no mercado.
Coordenação de Planos	Coordenação no plano, entre planos e volumétrica evitando recortes, baixa produtividade, evitando ângulos, inclinações e superfícies curvas, favorecendo a definição clara de pacotes de trabalho.
Embutimentos	Combate ao embutimento de elementos, evitando mochetas e enchimentos.
Seqüenciamento de atividades	Combate à seqüência induzida, impondo interdependência entre atividades.
Manutenabilidade	Facilidade de executar a manutenção na fase de uso.
Operação e Uso	Atendimento aos aspectos funcionais da edificação.

Quadro 4 - Proposta final de categorização

3.2. Esquema geral para a sistematização do conceito de construtibilidade

O esquema apresentado na Figura 1 visa inserir as categorias de decisões que repercutem na construtibilidade nas etapas iniciais do empreendimento (projeto do produto, projeto do sistema de produção), explicitando a iteração entre as mesmas e entre os agentes envolvidos.

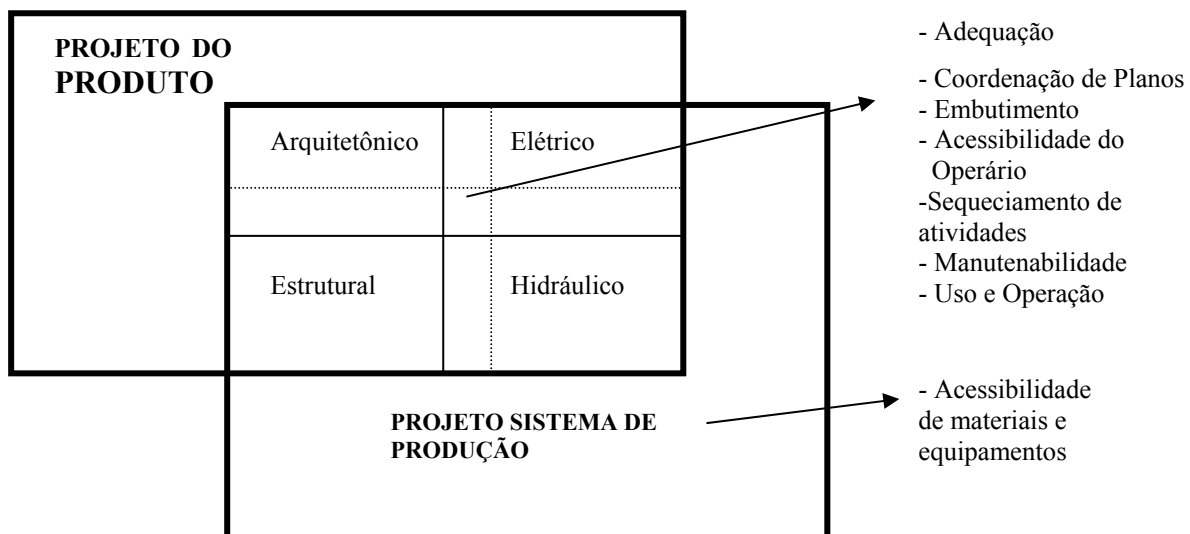


Figura 1 - Esquema Geral para sistematização do conceito de construtibilidade

4. Discussões

A categoria “Simplificação garantida no projeto” estabelecida por Oliveira (1994) e O’Connor e Tucker (1986) não foi incluída neste trabalho, pois se considerou que a simplificação é um princípio da construtibilidade que permeia várias das categorias propostas (Adequação, Coordenação entre Planos, Embutimento, Seqüenciamento de atividades, Manutenabilidade, Uso e Operação). Em todos os casos coletados, observou-se que de alguma forma a simplificação estava envolvida, fosse no atendimento à manutenabilidade; à facilidade de Uso e Operação, ou ainda, favorecida pela escolha de materiais adequados; por uma solução que

combatesse o embutimento de tubulações; pela coordenação de planos que facilitasse a execução; pela flexibilidade na seqüência de execução, reduzindo a interdependência entre as atividades.

Optou-se por uma divisão da categoria “Acessibilidade”, uma vez que os exemplos coletados em canteiro reportaram casos de naturezas distintas. Aqueles que dificultavam ou facilitavam o acesso do operário à execução do serviço foram considerados como passíveis de serem contemplados na etapa de projeto do produto. Já os demais, foram casos relacionados ao acesso no canteiro para armazenamento e transporte de materiais, sendo portanto definidos na etapa de projeto do sistema de produção.

A categoria “Gerenciamento efetivo de recursos” proposta por O’Connor e Tucker (1986) também não foi incluída na proposta por apresentar um caráter essencialmente gerencial, visando aspectos que vão além da construtibilidade.

A categoria “Comunicação projeto/obra” proposta pelos dois autores foi considerada um requisito intrínseco a função projeto e, portanto não está presente na proposta final.

Apesar da pequena ocorrência de casos contemplando a categoria “Manutenabilidade”, vários autores (Eldin, 1988; Gambatese e Mc Manus, 1999; Dunston e Williamson, 1999; Russell e outros, 1993) a defendem como fator relacionado a construtibilidade. É importante ressaltar que os exemplos adotados neste trabalho foram coletados na etapa de execução o que explica a baixa ocorrência de casos relacionados a manutenabilidade.

Embora as freqüências individuais de ocorrência de cada categoria sejam questionáveis em função da quantidade de dados coletados, ficou evidente a alta incidência de exemplos coletados onde a construtibilidade era atendida na etapa de projeto do produto. O levantamento efetuado por O’Connor e Tucker (1986) confirma este resultado e reafirma a condição do projeto do produto como a etapa de maior contribuição para a construtibilidade.

Neste trabalho foram encontrados alguns casos em que os princípios da construtibilidade não foram contemplados no projeto do produto e do sistema de produção, recaindo em perdas e retrabalhos na etapa de execução. A Figura 2 ilustra um exemplo.

Embora o alto grau de imprecisão e o caráter artesanal das tarefas executadas no canteiro devam ser combatidos, o não reconhecimento destes fatores no ato de projetar resultará em projetos que exigirão na fase de construção um esforço de garantia da precisão dimensional que comprometerá a facilidade de execução. Estes casos coletados em canteiro foram classificados na categoria “Adequação”.

Por outro lado, a falta de controle da tolerância dimensional pode comprometer os esforços voltados à melhoria da construtibilidade (modulação) despendidos nas etapas iniciais do empreendimento. O controle na aceitação de cada serviço executado garante o cumprimento das considerações de tolerância estabelecidas no projeto. Em um estudo de caso, Tommelein (2003) apresenta os pontos de verificações das tolerâncias inseridos no mapeamento do processo de produção de uma atividade (instalação de tomadas em paredes *dry wall*).



Figura 2 – Retrabalho devido à falta de construtibilidade (inadequação dimensional)

5. Considerações Finais

Embora o levantamento efetuado por O'Connor e Tucker (1986) tenha sido publicado há aproximadamente duas décadas e apesar de todos os esforços empreendidos na linha de pesquisa de desenvolvimento do produto, em termos práticos, ainda observa-se a reincidência de deficiências relacionadas a construtibilidade nos projetos desenvolvidos.

Radtke e Russel (1993) apresentam um modelo para implementação da construtibilidade à nível do empreendimento. A proposta de categorização apresentada no presente trabalho visa a inserção de decisões com repercussão na construtibilidade ao longo do projeto (produto e sistema de produção), no entanto, sem que novos passos sejam acrescentados ao processo.

Kartam e Flood (1997) e Radtke e Russel (1993) destacam a importância de registrar lições aprendidas (*lessons learned*) em obras passadas com a finalidade de utilizá-las ao longo do processo de projeto, seja na forma de listas de verificação ou de banco de dados, atendendo aos princípios da construtibilidade. O uso de fotografias registrando exemplos positivos e negativos de construtibilidade são um recurso visual poderoso de comunicação, podendo ilustrar o conteúdo das listas de verificação e do banco de dados. A categorização aqui apresentada estabelece o critério de classificação das informações nestes documentos de registro de lições aprendidas.

O levantamento efetuado neste trabalho permitiu concluir que as decisões voltadas à melhoria da construtibilidade são estabelecidas principalmente na etapa de projeto do produto, ficando representadas através de características físicas deste. As situações que fugiram a esta regra, caracterizaram-se por decisões tomadas na etapa de projeto do sistema de produção. Entretanto, em levantamentos futuros é provável que aumente a incidência de decisões estabelecidas nesta segunda etapa favorecida pela prática crescente de elaboração do projeto

do sistema de produção. Além disso, é bastante provável que algumas categorias classificadas neste trabalho como próprias da etapa de projeto do produto, apareçam também alimentando o projeto do sistema de produção. A categoria “Sequenciamento de Atividades” por exemplo, pode ter repercussão na construtibilidade garantida por características físicas definidas no projeto do produto e a seguir, por uma estratégia de ataque definida no projeto do sistema de produção.

Referências

- Construction Management Committee of the ASCE Construction Division. Constructability and Constructability programs: white paper. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 117, n. 1, p. 67-89. Mar., 1991.
- DUNSTON, P. S., WILLIAMSON, C. E. Incorporating maintainability in constructability review process. *Journal of Management in Engineering*, v. 15, n.5, p.56-60, September/October, 1999.
- ELDIN, N. N. Constructability improvement of project designs. *Journal of Construction Engineering and Management*, v.114, n.4, p.631-64, 1988.
- GAMBATESE, J. A, McMANUS, J. F. The constructability review process: a constructor’s perspective. *Journal of Management in Engineering*, p.93-94, January/February, 1999.
- KARTAM, N., FLOOD, I, Constructability feedback systems: issues and illustrative prototype. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, v.11, n.4, p.631-64, November, 1997.
- KING, R. Designing plans for constructability. *Journal of Construction Engineering and Management*, v.113, n.1, p.1-5, 1987.
- MILBERG, C., TOMMELEIN, I.D. Application of tolerances analysis and allocation in work structuring: partition wall case. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 11., 2003, Blacksburg. *Proceedings...* Virginia Tech in Blacksburg, Virginia, 2003. p.. 1-13
- O’CONNOR, J. T., TUCKER, R. L. Industrial project constructability improvement. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 112, n. 1, p.69-81, Mar., 1986.
- OLIVEIRA, R. R. Sistematização e listagem de fatores que afetam a construtibilidade das alvenarias estruturais. In: International Seminar of Structural Masonry For Developing Countries, 5th, 1994, Florianópolis. *Proceedings...* Florianópolis, 1994, p.417-426.
- RADTKE, M. W., RUSSELL, J. S. Project-level model process for implementing constructability. *Journal of Construction engineering and Management*, v.119, n.4, December, 1993, p. 813-831.
- RODRIGUEZ, M. A. A., HEINECK, L. F. M. A construtibilidade no processo de projeto de edificações, In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia na Construção, III, 2003, São Carlos. Anais... São Carlos, 2003, CD, 8p.
- RUSSELL, J. S., GUGEL, J. G., RADTKE, M. W. Documented constructability savings for petrochemical-facility expansion. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, v.7, n.1, February, 1993, p.27-45.
- SILVA, M. A. C., SOUZA, R. *Gestão do processo de projeto de edificações*. São Paulo: O nome da Rosa, 2003, 181p.
- TATUM, C. B. Improving constructability during conceptual planning. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 113, n. 2, p.191-207, June, 1987.