

PROPOSTA PARA A GESTÃO DA PRODUÇÃO EM SISTEMAS CONSTRUTIVOS - ANÁLISE DE PERDAS E REUSOS

PEDRO HENRIQUE GONCALVES (UFG)

maria.carolina@uol.com.br

Maria Carolina Gomes de Oliveira Brandstetter (UFG)

maria.carolina@uol.com.br



A construção civil possui uma grande incidência de perda, em especial de argamassa. No processo de produção e execução, a alta variabilidade nas espessuras e elevadas perdas resultam em prejuízos financeiros às empresas, gerando resíduos, aumentando os gastos com transporte, sua disposição final e impactando negativamente no meio ambiente. Esta pesquisa tem como objetivo quantificar as perdas na aplicação de argamassas e demonstrar os potenciais de reincorporação das perdas no processo construtivo em uma edificação residencial na cidade de Goiânia. Os resultados indicaram um índice de perdas de argamassa na obra do estudo de caso no valor médio de 66% acima da quantidade prevista em projeto. Em valores cumulativos essas perdas tornam-se significativas, reduzindo assim o lucro da empresa. O trabalho contribui suprimindo uma lacuna com os estudos direcionados à criação de indicadores sobre os índices de redução e as potencialidades de reuso que os resíduos da argamassa possuem, contribuindo para a gestão da produção de sistemas construtivos, com especial enfoque na sustentabilidade da cadeia produtiva.

Palavras-chave: Gestão da Produção, Construção civil, argamassa, edificações, perdas

1. Introdução

A cadeia produtiva da construção civil consome entre 14 e 50 % dos recursos naturais extraídos do planeta; no Japão corresponde a cerca de 50 % dos materiais que circulam na economia e nos Estados Unidos da América, o consumo de mais de dois bilhões de toneladas representa cerca de 80 % dos materiais circulantes (SCHNEIDER, 2013). Existe uma crescente preocupação quanto ao uso excessivo de materiais e componentes em obras da construção civil.

No que diz respeito à construção civil no Brasil, sabe-se que todo tipo de processo gera algum tipo de perda e devido a sua atual situação de alto consumo de recursos, acarreta em um alto índice de perdas, sendo necessária a busca por tecnologias para o reaproveitamento dos resíduos gerados com objetivos de melhorar o desempenho do setor da construção frente ao eventual cenário de desperdício existente.

Segundo Souza (1997 e 2005) a falta de uma metodologia consistente e disseminada, aliadas à escassez de dados confiáveis, têm gerado uma série de controvérsias relativas à quantificação e, especialmente, quanto à proposição de alternativas para se combater eventuais desperdícios existentes. As perdas podem ser classificadas (SOUZA, 1997) como aparentes (ou diretas) e de natureza oculta (indiretas). Enquanto as diretas representam as perdas que saem (entulho), as indiretas, que representam as perdas que ficam, podem ser subdivididas em perdas por substituição, por imprevisão e por negligência.

A argamassa é de ampla utilização na construção civil brasileira. Um significativo problema existente é a grande incidência de perda desse material em seu processo de produção e execução, por exemplo, a alta variabilidade nas espessuras e elevadas perdas, resultando em prejuízos financeiros às empresas, gerando resíduos, aumentando os gastos com transporte, sua disposição final e impactando negativamente no meio ambiente.

As perdas causadas pelo desperdício de materiais podem, portanto, ser compreendidas de diversas maneiras, mas destacam-se a redução dos lucros e aumento nos custos para o cliente e para a comunidade, podendo causar problemas como perda de qualidade, desempenho e produtividade (SOIBELMAN, 1993; PALIARI, 2008).

Este trabalho tem objetivo de contribuir com os estudos relacionados à criação de indicadores sobre os índices de redução e as potencialidades de reuso que os resíduos da argamassa possuem, deixando de ser entulho e passando a ser material de valor econômico para a indústria da construção.

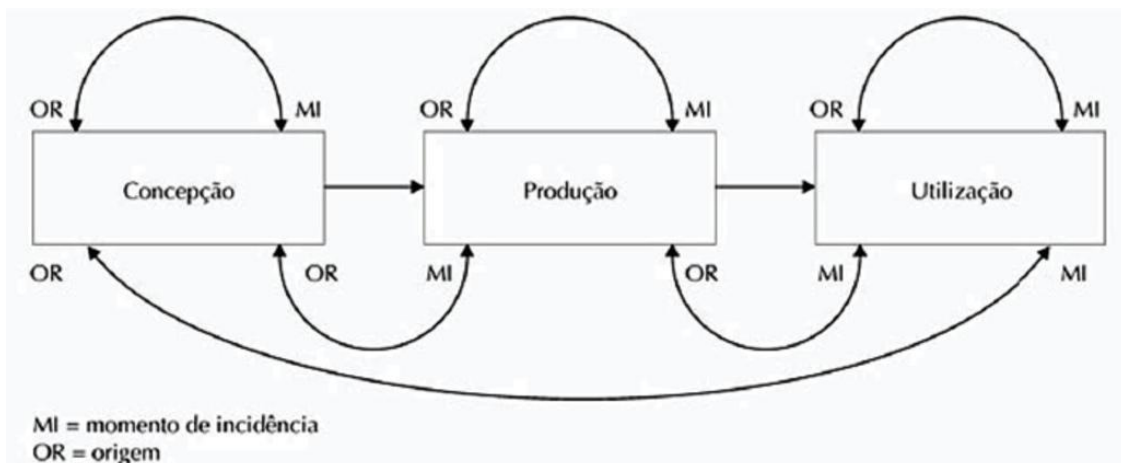
2. Breve revisão sobre perdas

Estudos comprovam que os construtores, normalmente, não controlam as perdas de materiais pois acreditam ser sua ocorrência pequena e inevitável. Os profissionais da construção civil, não se preocupam em descobrir suas causas, aceitando suas consequências como uma característica normal de obra (SOIBELMAN, 1993; MUHWEZI; CHAMURIHO; LEMA, 2012).

Pode-se admitir um nível aceitável de perdas (SOIBELMAN, 1993), pois, para reduzi-las além deste nível são necessários investimentos superiores que o valor do material economizado. Cada empresa deve conhecer seu índice de perda natural porque esse valor deve ser considerado em seus orçamentos.

A Figura 1 ilustra os momentos em que podem acontecer perdas nas diferentes fases do empreendimento e suas respectivas origens.

Figura 1- Indicação genérica de possíveis incidências e origem de perdas



Fonte: Souza (2005)

No processo de revestimento de argamassa os principais tipos de perdas segundo Agopyan et al (1998) são: ruptura de sacos; dosagem inadequada dos materiais na produção da argamassa, transporte inadequado, aplicação que pode resultar no entulho pelo endurecimento da argamassa que cai no chão e a espessura excessiva do revestimento. A classificação das perdas da argamassa segundo sua natureza está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Exemplos de perdas segundo sua natureza

Natureza	Exemplo	Fase	Origem
Superprodução	Produção de argamassa em quantidades superiores	Produção de argamassa	Falta de métodos de controle
Substituição	Produção de argamassa com traços superiores ao especificado.	Produção de argamassa	Falta de métodos de controle Falta de materiais
Espera	Parada do serviço por falta de material ou equipamentos. Perda de material produzido por serviço parado	Produção de argamassa	Falta de controle nas compras e manutenções
Transporte	Perda de material durante o transporte. Grande distância entre processamento e estoque ou processamento e frente de trabalho.	Recebimento, estocagem e produção.	Falha de procedimento de estocagem Falha no planejamento do canteiro
Processamento	Mão de obra incapacitada Falta de detalhamento e projetos Produção de argamassas com traços inadequados	Produção e execução	Falta de treinamento Falta de métodos de produção e execução Falta de métodos de controle
Estoque	Estoque em excesso Falta de local para estoque Deterioração de materiais no armazenamento	Armazenamento	Falta de cronograma de entrega de materiais Erros em orçamento Procedimentos de armazenamento
Movimento	Frentes de trabalho afastadas Falta de equipamentos adequados Esforço excessivo	Produção e Execução	Falha no planejamento das etapas de trabalho
Elaboração de Produto Defeituoso	Consumo excessivo de argamassa Materiais que não atendem os requisitos da qualidade especificada	Projeto e produção	Material da base defeituoso Desnível da alvenaria Falha no controle
Outras	Roubo, vandalismo, acidentes.	-	-

Fonte: Formoso et al (1997); Shingo (1989)

2.1 A importância dos indicadores de perda e consumo

Para se melhorar os processos básicos da construção deve-se planejar, medir, localizar e priorizar os potenciais de melhorias e monitorar o progresso (KOSKELA, 1992). Na implantação de um sistema de medição de desempenho, pode-se apontar algumas exigências a serem medidas, entre elas: 1) redução do desperdício; 2) agregação de valor nas etapas do processo; 3) redução da variabilidade; 4) tempo de ciclo entre todos os processos; 5) simplificação e transparência; 6) foco no processo como um todo e 7) estímulo ao melhoramento contínuo.

Para se alcançar o desempenho esperado ou a redução das perdas é imprescindível que haja contabilização e registro de informações e dados concretos referentes ao processo de produção. Na Tabela 2 estão apresentadas as razões para se medir o desempenho dos processos.

Tabela 2 - Por quê, o quê e como medir o desempenho dos sistemas

Razões para se medir o desempenho	
POR QUE MEDIR?	<ul style="list-style-type: none">-Para apoiar e aumentar a melhoria;-Para fornecer a capacidade do sistema, ou seja, os níveis de desempenho que se pode esperar dos processos e sistemas;-Para se ter um retorno dos investimentos e esforços;-Para saber onde concentrar os esforços e colocar recursos.
O QUE MEDIR?	<ul style="list-style-type: none">- O desempenho dos sistemas organizacionais;- Informações sobre eficiência, eficácia, qualidade, produtividade, qualidade de vida, inovação e lucratividade ou provisão orçamentária;- A performance total da organização.
COMO MEDIR?	A partir da combinação adequada de um sistema de medição qualitativo e quantitativo, explícito e lógico.

Fonte: Costa (2005)

Três diretrizes podem ser propostas segundo Costa (2003) para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho em empresas da construção civil sendo: a) indicadores estratégicos e operacionais, b) indicadores de produto e de processo e c) indicadores principais e secundários, estes indicadores cumprem um importante papel no

desempenho dos processos produtivos e, como tal, podem ser empregados para diferentes finalidades.

A utilização mais comum dada aos índices de perdas de materiais na construção civil tem sido apenas chamar a atenção para o baixo desempenho global do setor construção em termos de qualidade e produtividade (FORMOSO et al, 1997). Entretanto esta não é a principal função dos indicadores de desempenho. Existem outras finalidades, mais construtivas, que podem contribuir de forma efetiva para o desenvolvimento do setor.

Os indicadores de desempenho cumprem um papel importante na motivação das pessoas envolvidas no processo. Sempre que uma melhoria está sendo implantada é fundamental que um ou mais indicadores de desempenho associados à ação sejam monitorados e os ganhos amplamente divulgados na organização. Neste sentido, um projeto de melhoria visando à redução de perdas de materiais poderia até mesmo ser empregado como um instrumento de marketing interno para um programa da qualidade.

2.2 Perdas de Argamassa

A argamassa é o material que apresenta, em média, o maior índice de perdas na construção (SOIBELMAN, 1993). Ela ocorre basicamente devido à execução de revestimentos com espessuras maiores do que as necessárias. As principais causas desta perda são: 1) os desaprumos; 2) irregularidades nas estruturas; 3) falta de coordenação entre os projetos obrigando a execução de enchimentos; 4) falta de qualidade nas dimensões dos tijolos e 5) falta de aderência da argamassa à base. A Tabela 3 apresenta um resumo dos índices de perdas globais referentes à argamassa produzida em obra de vários autores no Brasil.

Tabela 3 - Índice de perda de argamassa em obra

Autor	Índice
PINTO (1989)	101,94%
SOIBELMAN (1993)	93,6%
PICCHI (1993)	82,5%
AGOPYAN et al (1998) para revestimento interno	104%
AGOPYAN et al (1998) para revestimento externo	67%
PALIARI; SOUZA; ANDRADE (1999)	82%
ROSA (2001)	74%
COSTA (2005)	81%
PARAVISI (2008)	95,47%

A Tabela 3 confirma a argamassa como o material com o maior índice de perdas na construção. Cabe ressaltar que existem poucas referências sobre o tema e a maior parte delas são antigas, evidenciando a falta de pesquisas na área.

3. Método de pesquisa

Para este artigo, serão apresentados os dados referentes ao estudo específico relativo às perdas na aplicação de argamassas em uma edificação residencial na cidade de Goiânia.

A empresa do estudo de caso deste trabalho é uma construtora e incorporadora fundada em 1987, atuante no ramo de empreendimentos habitacionais e possui as certificações ISO 9001 e do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBPQ-H) nível A.

Para a realização da pesquisa foi realizado o levantamento em uma obra localizada na cidade de Goiânia sendo composta por 02 edifícios habitacionais, cada um deles com dois subsolos, térreo, mezanino e mais 19 pavimentos tipo com quatro unidades por andar, totalizando 152 apartamentos de 03 quartos, variando de 73 a 84 m². O empreendimento no momento da coleta de dados encontrava-se com uma torre na fase de execução da estrutura e a outra torre na fase de revestimento. As caracterizações da base e dos revestimentos são descritas na Tabela 4.

Tabela 4 - Características da base e dos revestimentos do empreendimento

EMPREENDIMENTO A	
ALVENARIA	Tijolo furado e tijolo maciço
REVESTIMENTO INTERNO	Chapisco com argamassa de cimento e areia, no traço 1:2 Argamassa para reboco paulista/assentamento/aperto no traço 1:2:6
REVESTIMENTO EXTERNO	Chapisco com argamassa de cimento e areia, no traço 1:2 Argamassa para reboco paulista/assentamento/aperto no traço 1:2:6

Buscou-se a construção de indicadores de perda incorporada e de perda por entulho (SOUZA, 2005), registrando as diferenças de espessura no revestimento executado e o quanto foi descartado como entulho sem reuso. Para a avaliação das perdas de revestimento foram coletados dados da execução do reboco interno e as espessuras das taliscas (Figura 2) de um pavimento inteiro do empreendimento objeto de estudo, que compreendeu também o reboco interno das sacadas e lajes técnicas para equipamentos de ar condicionado.

No total foram coletadas 360 espessuras de taliscas de um total de 77 paredes divididas em dois apartamentos. Pelo menos 4 medidas foram feitas por parede considerando todas as paredes dos apartamentos.



Figura 2 – Planta esquemática do pavimento-tipo - paredes marcadas para coleta das taliscas



Antes do início do serviço de reboco, o contrapiso do pavimento foi varrido e os entulhos provenientes de outras atividades retirados, a fim de que a argamassa que caísse não fosse contaminada e permitisse o reuso. A Figura 3 ilustra as paredes cujos resíduos foram coletados.

Figura 3 - Paredes executadas para coleta de resíduos



A argamassa caída que não foi reutilizada no revestimento era acondicionada pelos operários em uma lata de 18 L (23,5 x 23,5 x 34,7 cm) para a medição. A argamassa na lata não poderia ser compactada ou conter resíduos de outras operações.

4. Resultados e discussões

Para a análise dos dados foi realizada a média da profundidade das taliscas registradas nos dois tipos de apartamentos para se obter o índice de perda incorporada. As profundidades das taliscas nos apartamentos variaram de 2,8 a 2,5 cm e foi obtida a média de 2,7 cm (Tabela 5) sendo que, no projeto, eram previstas taliscas de 2 cm.

Tabela 5 – Média das taliscas

	Ambiente	Num. Taliscas	Média de Espessura	Media por Apartamento	Média Final
Apartamento 1	Cozinha/Serviço	20	2,8 cm		
	Sala	28	3,3 cm		
	Varanda	30	2,8 cm		
	Corredor	12	2,5 cm		
	Quarto Casal	16	2,9 cm	2,8 cm	
	Quarto	16	2,9 cm		
	Quarto	20	2,5 cm		
	Banheiro Social	18	2,6 cm		
	Banheiro Suíte	20	2,7 cm		2,7 cm
Apartamento 2	Cozinha/Serviço	22	2,9 cm		
	Sala	28	2,6 cm		
	Varanda	28	2,6 cm		
	Corredor	12	2,4 cm		
	Quarto Casal	16	2,8 cm	2,59 cm	
	Quarto	16	2,4 cm		
	Quarto	20	2,5 cm		
	Banheiro Social	22	2,5 cm		
	Banheiro Suíte	16	2,5 cm		

Como foi descrito na metodologia, foi acompanhada a execução do revestimento de paredes em um dos apartamentos a fim de se realizar a coleta dos resíduos gerados durante o processo. A Tabela 6 descreve o volume de argamassa utilizada na execução do revestimento das paredes coletadas.

Tabela 6 – Consumo das paredes coletadas

Total de argamassa levantada			Total de argamassa prevista		
Ambiente	Média Taliscas (m)	Total (m ³)	Ambiente	Taliscas (m)	Total (m ³)
Banheiro 1	0,027	0,495	Banheiro 1	0,02	0,366
Banheiro 2	0,026	0,476	Banheiro 2	0,02	0,366
Corredor	0,025	0,185	Corredor	0,02	0,148
Sacada	0,028	0,219	Sacada	0,02	0,157
Quarto	0,029	0,400	Quarto	0,02	0,276
TOTAL		1,775	TOTAL		1,313

A quantidade de resíduo coletado após a execução do serviço totalizou um volume de 0,06 m³ de argamassa. A empresa possui uma política de reincorporar esta argamassa caída ao processo, coletando e misturando com a argamassa da masseira. Todo o resíduo coletado durante esta etapa foi reincorporado ao processo, sendo a relação entre o consumo de argamassa e a reincorporação do resíduo de 3% do total gerado. O tempo de reincorporação desta argamassa não foi medido, porém vale salientar que este tempo varia entre os colaboradores e, no caso em que ocorre um tempo maior para esta reincorporação, futuras patologias poderão ocorrer neste revestimento.

Para levantar o índice de perdas por resíduos foi considerado o índice da produtividade das quatro equipes de reboco (60,7 m² por dia) totalizando 242,8 m² de reboco por dia (em média). Considerando que novembro teve 21 dias úteis, é dada uma média de 5099 m² de paredes rebocadas que ao multiplicá-la pela média das taliscas do pavimento (0,027 m) é gerado um montante de 137,67 m³ por mês. Foi encontrado que a quantidade de argamassa necessária por pavimento é 26,26 m³, relacionando a quantidade gerada por mês e a quantidade necessária por pavimento obtém-se o valor de 5,2 pavimentos rebocados no mês de novembro.

De acordo com os dados fornecidos pela empresa, no mês de novembro houve a saída de oito caçambas (volume de 4 m³ por caçamba) de resíduos classe A da edificação objeto de estudo. No período de novembro a obra se encontrava na etapa de revestimento, então foi considerado que os resíduos classe A foram gerados durante o processo desta etapa. Relacionando a quantidade de caçambas com a quantidade de pavimentos revestidos é dado que o número de

caçambas por pavimento é de aproximadamente 1,5, ou seja, a quantidade de 6 m³ gerada por pavimento.

A Tabela 7 descreve a compilação de todos os dados encontrados em relação às perdas de argamassa em diferentes processos e etapas.

Tabela 7 - Perda de argamassa

Perdas de Argamassa		
	Em Projeto	Em Obra
ÁREA DE REBOCO (descontados todos os vãos e aberturas)	972,468 m ²	972,468 m ²
ESPESSURA MÉDIA	0,02m	0,027 m
CONSUMO	19,45 m ³ (100%)	26,26 m ³ (135%)
PERDA REINCORPORADA	-	0,78 m ³ (3%)
PERDA INCORPORADA	-	6,81 m ³ (- 35%)
PERDA POR RESÍDUOS	-	6m ³ (- 31%)
PERDA TOTAL		12,81 (66%)

O índice das perdas de argamassa na obra objeto de estudo obteve o valor de 66% acima da quantidade prevista em projeto. Estes índices indicam os dois principais processos geradores de perda no sistema de revestimento com argamassa, a perda incorporada relacionada, por exemplo, à falta de controle no processo de execução das alvenarias, compatibilização dos projetos, falta do projeto de alvenaria, entre outros fatores. A geração de resíduos também pode estar relacionada a diversos fatores como, por exemplo, a qualificação da mão de obra, procedimento de execução e trabalhabilidade da argamassa.

5. Conclusões

Os resultados demonstraram que em valores cumulativos essas perdas tornam-se significativas, reduzindo assim o lucro da empresa. Mas, os resultados também apontam seus principais geradores de perdas e que por meio de boas práticas no canteiro partindo-se de um planejamento no gerenciamento dessas perdas, há uma grande potencialidade tanto de redução de perdas através de novos métodos de produção ou reincorporação do resíduo no processo.

Foi verificado que o material coletado do contrapiso e que é reincorporado no processo demora a ser coletado (foram observados períodos maiores que duas horas após a execução) e assim certamente há prejuízos para o processo de aderência e para a qualidade do

revestimento. O material seco já teve seu processo de pega iniciado com o consumo de parcela dos materiais responsáveis pela ancoragem do revestimento à base e a redução desta fixação pode favorecer o surgimento de fissuras e perda de resistência superficial.

Algumas melhorias podem ser estabelecidas para a continuidade da pesquisa ainda em desenvolvimento: (a) a obtenção de mais informações, como a relação entre o intervalo de retorno da argamassa caída para a masseira e a resistência superficial da argamassa, (b) a utilização de lonas ou outros materiais com objetivo de evitar o contato da argamassa que cai no contrapiso e (c) para aumentar a confiabilidade dos dados, como sugestão de interesse da empresa a locação de uma caçamba exclusiva para os resíduos gerados pela etapa de revestimento a fim de quantificar com mais exatidão seu volume gerado já que os autores estudados citam a argamassa como o principal gerador de resíduos classe A, sendo este um resíduo nobre e com grande potencial de reaproveitamento.

Pode-se afirmar que há poucos estudos relacionados aos processos de perda ou o gerenciamento dos resíduos de argamassas no Brasil, havendo ainda muito a se explorar sobre o tema. Este trabalho vem contribuir com os estudos relacionados à criação de indicadores sobre os índices de redução e as potencialidades de reuso que os resíduos da argamassa possuem, deixando de ser entulho e passando a ser material de valor econômico para a indústria da construção.

REFERÊNCIAS

- AGOPYAN, V.; SOUZA, U.; PALIARI, J.C.; ANDRADE, A.C. **Alternativas para a redução dos desperdícios de materiais nos canteiros de obras**. São Paulo: PCC, Universidade de São Paulo, 1998.
- COSTA, D. B. **Diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas de construção civil**. 2003. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2003.
- COSTA, F. N. **Processo de produção de revestimento de fachada de argamassa: problemas e oportunidades de melhoria**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2005.
- FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; LANTELME, E. M. V.; SOIBELMAN, L. Perdas na construção civil: conceito, classificações e indicadores de controle. **Egatea, Revista da Escola de Engenharia da UFRGS**, Porto Alegre, v.25, n.2, p.45-53, 1997.
- KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Stanford: Centre for Integrated Facility Engineering, 1992. Technical Report, 72.

MUHWEZI L., CHAMURIHO L. M., LEMA, N. M. An investigation into materials wastes on building construction projects in Kampala-Uganda. **Scholarly Journal of Engineering Research**, Vol. 1, pp. 11-18, April, 2012.

PALIARI, J. C. **Método para prognóstico da produtividade da mão de obra e consumo unitário de materiais:** sistemas prediais hidráulicos. 2008. 661 f. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PALIARI, J.C.; SOUZA, U.E.L. de; ANDRADE, A.C. de. Levantamento de perdas/consumo de argamassas de revestimento em obras de construção de edifícios brasileiras. In: III Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Vitória, 1999. **Anais...** Vitória, 1999, p.715-724.

PARAVISI, S. **Avaliação de sistemas de produção de revestimentos de fachada com aplicação mecânica e manual de argamassa.** 2008. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2008.

PICCHI, F.A. **Sistema de Qualidade: uso em empresas de construção de edifícios.** São Paulo, 1993. 462p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PINTO, T. P. **Perda de materiais em processos construtivos tradicionais.** São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 1989, 33p.

ROSA, F. P. **As perdas na construção civil:** diretrizes e ferramentas de controle. 2001. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2001.

SCHNEIDER, D. M. **Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de São Paulo.** 2003. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SHINGO, S. **A study of the Toyota Production System:** from an industrial engineering viewpoint. Tokyo. Japan Management Association, 1981. Re-translated into English by Productivity, Inc. 1989.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações:** sua incidência e seu controle. 1993. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 1993.

SOUZA, U. E. L. Redução do desperdício de materiais através do controle do consumo em obra. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 17, 1997, Gramado. **Anais...**Gramado: UFRGS, 1997.

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil.** São Paulo: Pini, 2005.