



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

SUENNE ANDRESSA CORREIA PINHO

**DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMA DE INDICADORES DE
DESEMPENHO PARA TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS À BASE DE
CIMENTO: PERDAS, CONSUMO E PRODUTIVIDADE**

Recife, PE
2013



UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

SUENNE ANDRESSA CORREIA PINHO

**DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMA DE INDICADORES DE
DESEMPENHO PARA TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS À BASE DE
CIMENTO: PERDAS, CONSUMO E PRODUTIVIDADE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola Politécnica de Pernambuco, para a obtenção do título de mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Alberto Casado Lordsleem Júnior

Recife, PE
2013

SUENNE ANDRESSA CORREIA PINHO

**DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMA DE INDICADORES DE
DESEMPENHO PARA TECNOLOGIAS CONSTRUTIVAS À BASE DE
CIMENTO: PERDAS, CONSUMO E PRODUTIVIDADE**

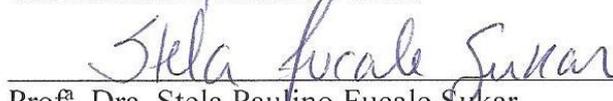
BANCA EXAMINADORA:

Orientador:


Prof. Dr. Alberto Casado Lordsleem Júnior
Universidade de Pernambuco

Examinadores:


Prof. Dr. José de Paula Barros Neto
Universidade Federal do Ceará


Profª. Dra. Stela Paulino Fucale Sukar
Universidade de Pernambuco

PINHO, S. A. C. **Desenvolvimento de programa de indicadores de desempenho para tecnologias construtivas à base de cimento: perdas, consumo e produtividade.** Recife, 2013. 268p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco.

RESUMO

A indústria da construção tem vivenciado um período de crescimento; ao mesmo tempo em que diversas preocupações tornam-se cada vez mais presentes na rotina das construtoras, como: não atendimento aos prazos para entrega de obras, custos de obras superiores àqueles previstos no orçamento e acirrada competitividade. A fim de garantir a sobrevivência neste cenário, as empresas construtoras precisam se mobilizar, tornando-se mais eficientes a partir da racionalização dos seus processos construtivos. Para tanto, deve-se monitorar o processo de produção, verificando quais fatores reduzem a sua eficiência e buscando o constante aumento da produtividade dos serviços, a redução do retrabalho e dos custos envolvidos. Dentro deste contexto, a presente pesquisa foi desenvolvida no âmbito da Comunidade da Construção de Recife/PE, proporcionando às empresas construtoras o monitoramento de tecnologias construtivas a partir do Programa de Indicadores de Desempenho (PROGRIDE) e permitindo a realização do *benchmarking*. Sendo assim, este trabalho objetiva apresentar o desenvolvimento de um programa de indicadores de desempenho para tecnologias construtivas à base de cimento. Para tanto, a metodologia do trabalho contemplou o levantamento bibliográfico; a estruturação e implantação do programa e a análise dos resultados obtidos, visando atestar os benefícios resultantes. A implantação do PROGRIDE contemplou três ciclos de coleta, onde as empresas construtoras envolvidas no programa puderam coletar mensalmente os dados referentes aos indicadores de perda de materiais e produtividade da mão de obra de concretagem da estrutura de concreto armado, da elevação de alvenaria de vedação e do revestimento de emboço de fachada. Foram obtidos mais de 150 resultados, originados de 15 obras de 10 empresas construtoras, a partir dos quais se constatou perdas medianas para o concreto estrutural de 6,66% (pilar) e 4,75% (viga + laje) e o consumo mediano de argamassa industrializada para assentamento da alvenaria de 24,24 kg/m². Quanto à produtividade, verificou-se para a concretagem de pilares a variação entre 2,26 e 7,67 Hh/m³ e para concretagem de vigas + lajes entre 1,02 e 2,54 Hh/m³; para elevação da alvenaria de vedação, a produtividade de pedreiros variou de 0,85 a 0,47Hh/m² e de serventes de 0,47 a 1,17Hh/m²; enquanto, para execução do revestimento de fachada, a produtividade mediana foi a mesma para pedreiros e serventes, equivalendo a 0,92Hh/m². Pôde-se verificar a partir dos resultados alcançados que os indicadores de perda apresentaram uma maior variabilidade e amplitude entre os valores de mínimo e máximo obtidos, indicando a possibilidade de melhoria no gerenciamento de insumos. Com relação à produtividade, identificou-se que os indicadores apresentaram uma variabilidade inferior quando comparadas aos indicadores de perda, no entanto é possível constatar que ainda há uma larga margem para melhorias quando comparada a estudos de referência.

Palavras-chave: Indicadores de desempenho. Estrutura de concreto. Alvenaria de vedação. Revestimento de emboço de fachada.

PINHO, S. A. C. **Development of program of performance indicators for cement-based technology construction: loss, consumption e productivity.** Recife, 2013. 268p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco.

ABSTRACT

The Brazilian building industries have experienced a growth period at the same time when plenty concerns become more and more present on the construction company's routine, like noncompliance with the buildings deadlines, and the buildings costs bigger than the costs on the budgets and tight competitiveness. In order to guarantee survival within this scenery, the construction companies need to mobilize becoming more efficient from the rationalization of their construction processes. It is necessary to monitor the production process, verifying which factors reduce it's efficiency and seeking the constant raise of the productivity of services, the reduction of work and cost involved. Within this context, this research was developed at the group community of the Construction in Recife city in Brazil, providing construction companies the monitoring of construction processes through the Program Performance Indicators or PROGRIDE and allowing Benchmarking. This paper aims to show the conception, the development and implementation of the performance indicators on constructive technologies cement-based program. For this purpose, the methodology of the survey included the bibliographic research, the establishment of indicators and standard methodology, the structuring and the implementation of the program and the analysis of the results, seeking to identify and characterize best practices adopted (benchmarking). Throughout the deployment of the PROGRIDE were able to follow three collection cycles, where the construction companies involved in the program could collect data on a monthly basis referring to the indicators of loss of material and labor productivity of the concrete structure, the masonry elevation and the facade plaster coating. More than 150 results were obtained from 15 sites of 10 construction companies. The results found an average losses structure concrete about 6.66% (pillar) and 4.65% (slab + beam) and an average consumption of industrialized mortar around 24.24kg/m². Also was established that the workmanship productivity for concreting pillars was between 2.26 and 7.67 Mh/m³ and between 1.02 and 2.54 Mh/m³ for slab and beams; for productivity of the elevation of masonry sealing were obtained results between 0.85 and 0.47 Mh/m²; and servants of 0.47 and 1.17 Mh/m²; while for the implementation of the facade coating, the average productivity was the same as masonry and servants, the equivalent of 0.92 Mh/m². It was possible to verify from the results obtained that the losses indicators present greater viability and amplitude between the minimum and maximum value obtained, indicating a possibility of improvement in the inputs' management. Regarding the productivity, it was identified that the indicators present an inferior variability than the losses indicators; however, it is possible to find that there is still a large margin for improvements when compared to reference studies.

Keywords: Performance indicators; Concrete Structure; Masonry sealing; facade plaster coating.

*“Aos meus pais pelo apoio e por nunca
terem medido esforços para que eu
pudesse chegar até aqui.”*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus que me deu o dom da vida, além de força e persistência na longa caminhada até a conclusão desta etapa. A Ele, eu dedico a minha vida e todas as vitórias alcançadas, pois sei que tudo que tenho e sou é Dele e para Ele. Agradeço pelo consolo, nos momentos de tristeza e ansiedade, através da Sua palavra que diz: “Ao anoitecer, pode vir o choro, mas a alegria vem pela manhã” (Salmos 30:5b).

Ao professor Dr. Alberto Casado Lordsleem Júnior, agradeço profundamente pela sua dedicação, avaliação criteriosa e busca constante pela melhoria do trabalho desenvolvido, além de contribuir para minha formação com seu apoio, rico conhecimento e disponibilidade em auxiliar nas dificuldades desde a graduação.

Ao professor Dr. José de Paula Barros Neto e professora Dra. Stela Fucale Sukar pela leitura atenciosa e pelas valiosas contribuições realizadas na fase de qualificação deste trabalho.

Ao professor Dr. Cezar Augusto Cerqueira pela sua disponibilidade em auxiliar na análise de dados, mesmo em período de férias.

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PEC-POLI), que viabilizou o desenvolvimento do mestrado, em especial aos professores permanentes e colaboradores que contribuíram com seus conhecimentos para o meu aperfeiçoamento intelectual e profissional. Gostaria de salientar a minha gratidão à D. Lucia, secretária do PEC, pela sua paciência, amizade, ajuda e, até mesmo, pelas cobranças realizadas sempre que necessário.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior) pela concessão da bolsa de estudos que viabilizou a realização do mestrado.

Aos colegas mestrandos, pelos momentos de estudo, conversas e descontração e pelo compartilhamento de sugestões, experiências e conhecimentos. Especialmente à Andréa Batista de Farias (Déa), pelo companheirismo e apoio nas madrugadas de conversas, desabafos e desenvolvimento de trabalhos desde a graduação.

Aos bolsistas de iniciação científica, Leomar Fonseca e Alisson Caetano, que colaboraram de forma relevante na coleta de dados deste trabalho. Agradeço, particularmente, a bolsista Fábria Andrade que, além de coletar dados, me auxiliou incansavelmente durante a toda pesquisa com seu apoio e amizade, inclusive durante as madrugadas.

Às amigas que passaram pelo POLITECH, Carolina Mendonça, Maria Luiza Neves e Rubia Valéria Sousa, agradeço pelo incentivo e amizade desde o período de desenvolvimento da pesquisa de iniciação científica.

Às empresas envolvidas no desenvolvimento deste trabalho - Construtora A. C. Cruz, Casa Grande Engenharia, Construtora Dallas, Hábil Engenharia, Construtora Carrilho, Duarte Construções, Prolar Construtora, Exata Engenharia, Gabriel Bacelar Construções, Romarco Construtora - meus sinceros agradecimentos pela dedicação e disponibilidade. Em especial, sou grata à Comunidade da Construção da Associação Brasileira de Cimento *Portland* (ABCP) pelo financiamento do Programa de Indicadores de Desempenho (PROGRIDE).

Aos irmãos da Primeira Igreja Batista em Boa Viagem, pelas orações que me ampararam e deram forças para a conclusão de mais uma etapa da minha vida.

Aos tios, primos e avó, que acompanharam e, mesmo sentindo minha falta em várias reuniões de família, me incentivaram durante toda a caminhada.

À José Alex de Lima, meu esposo amado, pelo amparo e incentivo diário, por compreender os vários fins de semana e feriados dedicados à elaboração desta dissertação, além das inúmeras noites em que estive só para eu pudesse investir tempo nesta pesquisa.

Aos meus pais, pelo amor e apoio incondicional em todas as minhas decisões. Especialmente a minha mãe pelas noites mal dormidas durante a graduação, simplesmente para não me deixar só, e no mestrado, me consolando e acalmando nos momentos mais difíceis.

Por fim, agradeço a todos que me ajudaram direta ou indiretamente na conclusão deste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Consumo de materiais no processo produtivo	29
Figura 2.2	Disposição da avaliação de perdas ocorridas no canteiro de obras	29
Figura 2.3	As perdas segundo sua origem e momento de incidência	32
Figura 2.4	Grupos de indicadores para quantificar as perdas e discutir as razões para sua ocorrência	35
Figura 2.5	Dimensões adotadas para o cálculo do volume de pilar	42
Figura 2.6	Dimensões adotadas para o cálculo do volume de complemento de pilar	42
Figura 2.7	Dimensões adotadas para o cálculo do volume de viga	43
Figura 2.8	Dimensões adotadas para o cálculo do volume de laje	44
Figura 3.1	Diferentes abrangências do estudo da produtividade	69
Figura 3.2	Produtividade da mão de obra	70
Figura 3.3	Representação gráfica do modelo dos fatores	72
Figura 3.4	Modelo dos Fatores para produtividade na construção	73
Figura 3.5	Aspectos a padronizar quanto à mensuração da RUP	74
Figura 3.6	Classificação dos fatores influenciadores da produtividade	78
Figura 3.7	Visualização dos tempos de concretagem	84
Figura 4.1	Delineamento da metodologia do programa	106
Figura 4.2	Reunião de trabalho para apresentação do método de coleta dos indicadores	108
Figura 4.3	Cronograma de atividades do programa	109
Figura 4.4	Dimensões para cálculo da quantidade de serviço de elevação de alvenaria	119
Figura 4.5	Procedimento de coleta para perda de blocos/tijolos.	124
Figura 4.6	Caracterização do insumo: blocos/tijolos	125
Figura 4.7	Planilha de coleta: perda de argamassa industrializada para alvenaria de vedação	126
Figura 4.8	Planilha para envio mensal de resultados	127
Figura 4.9	Interesse das empresas x Indicador de perda	129
Figura 4.10	Interesse das empresas x Indicador de produtividade	129
Figura 4.11	Transporte de concreto	134
Figura 4.12	Concretagem de pilar solteiro	134

Figura 4.13	Retrabalho	136
Figura 4.14	Entulho gerado	136
Figura 4.15	Embutimento de instalações	136
Figura 4.16	Instabilidade dos <i>pallets</i>	136
Figura 4.17	Aplicação da argamassa	137
Figura 4.18	Sobre-espessura da junta vertical	137
Figura 4.19	Preparo manual da argamassa	137
Figura 4.20	Incorporação de argamassa	137
Figura 4.21	Espessura da camada de revestimento	138
Figura 4.22	Equipamento de transporte vertical de argamassa	138
Figura 4.23	Explicação inicial na visita técnica	140
Figura 4.24	Visita guiada no canteiro de obras	140
Figura 4.25	Exemplo de relatório individual	141
Figura 4.26	Exemplo de relatório geral	142
Figura 4.27	Distribuição de resultados por indicador	145
Figura 4.28	Comparação de perdas de concreto com estudos anteriores	157
Figura 4.29	Comparação de resultados da produtividade da concretagem de pilares	158
Figura 4.30	Comparação de resultados da produtividade da concretagem de complemento de pilares, vigas e laje	159
Figura 4.31	Comparação de resultados de perda de blocos/tijolos	160
Figura 4.32	Comparação de resultados de perda de argamassa industrializada para	
Figura 4.33	alvenaria	161
	Comparação de resultados de produtividade na elevação da alvenaria	162
Figura 4.34	Comparação de resultados de produtividade do emboço de fachada	163

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1	Delineamento da metodologia de pesquisa	24
Quadro 2.1	Fatores causadores de perda e medidas minimizadoras de desperdícios	37
Quadro 2.2	Fatores que influenciam as perdas de concreto	44
Quadro 2.3	Valores de referência de perda/consumo de concreto na execução da concretagem da superestrutura	47
Quadro 2.4	Fatores que influenciam as perdas de blocos/tijolos e argamassa de assentamento	54
Quadro 2.5	Valores de referência de perda/consumo de blocos/tijolos e argamassa na elevação da alvenaria de vedação	57
Quadro 2.6	Fatores que influenciam as perdas de argamassa de revestimento de emboço externo	61
Quadro 2.7	Valores de referência de perda/consumo de argamassa no revestimento de emboço de fachada	64
Quadro 2.8	Iniciativas de <i>benchmarking</i>	67
Quadro 2.9	Estudos de perda/consumo de materiais e produtividade da mão de obra	68
Quadro 3.1	Fatores influenciadores da produtividade	80
Quadro 3.2	RUPs de concretagem	85
Quadro 3.3	Fatores que influenciam produtividade da concretagem da estrutura	86
Quadro 3.4	Valores de referência de produtividade na execução da concretagem da superestrutura	89
Quadro 3.5	Fatores que influenciam produtividade da elevação da alvenaria de vedação	94
Quadro 3.6	Valores de referência de produtividade na execução da alvenaria	96
Quadro 3.7	Fatores que influenciam produtividade do revestimento de emboço de fachada	101
Quadro 3.8	Valores de referência de produtividade na execução de revestimento de fachada	103
Quadro 4.1	Definição dos indicadores padrão	107
Quadro 4.2	Indicadores padrão	113
Quadro 4.3	Indicadores da estrutura do concreto armado	114
Quadro 4.4	RUP adotadas para concretagem	117

Quadro 4.5	Equações para cálculo da produtividade na elevação da alvenaria de vedação	120
Quadro 4.6	Caracterização das construtoras cadastradas no programa	128
Quadro 4.7	Resultados dos quatro ciclos de coleta da implantação piloto	132
Quadro 4.8	Resultados da implantação piloto: estrutura de concreto	133
Quadro 4.9	Resultados da implantação piloto: alvenaria de vedação	135
Quadro 4.10	Resultados da implantação piloto: emboço de fachada	138
Quadro 4.11	Resumo do número de entradas por indicador	144
Quadro 4.12	Caracterização das empresas participantes	147
Quadro 4.13	Caracterização dos empreendimentos	149
Quadro 4.14	Resultados dos indicadores do programa	152
Quadro 4.15	Indicadores mínimos e máximos x Obras	153
Quadro 4.16	Avaliação da implantação do programa pelas empresas construtoras	165

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Justificativa	18
1.2 Contextualização	21
1.3 Objetivos	23
<i>1.3.1 Objetivo geral</i>	<i>23</i>
<i>1.3.2 Objetivos específicos</i>	<i>23</i>
1.4 Metodologia	23
1.5 Estrutura do trabalho	26
2 PERDAS DE MATERIAIS E COMPONENTES	28
2.1 Conceituando as perdas	28
<i>2.1.1 Perdas segundo sua natureza</i>	<i>30</i>
<i>2.1.2 Perdas segundo sua forma de controle</i>	<i>31</i>
<i>2.1.3 Perdas segundo sua origem</i>	<i>32</i>
2.2 Importância do estudo de perdas de materiais e componentes	33
2.3 Como medir consumo unitário e perdas de materiais e componentes	34
<i>2.3.1 Mensuração do consumo unitário</i>	<i>36</i>
<i>2.3.2 Índice de perdas</i>	<i>36</i>
2.4 Fatores que causam perdas de materiais e componentes	37
2.5 Perda e consumo unitário em tecnologias construtivas à base de cimento	40
<i>2.5.1 Concretagem da estrutura de concreto</i>	<i>40</i>
<i>2.5.1.1 Como medir a perda e o consumo</i>	<i>40</i>
<i>2.5.1.2 Fatores influenciadores</i>	<i>44</i>
<i>2.5.1.3 Valores de referência</i>	<i>46</i>
<i>2.5.2 Alvenaria de vedação</i>	<i>50</i>
<i>2.5.2.1 Como medir a perda e o consumo</i>	<i>51</i>
<i>2.5.2.1.1 Perda de blocos/tijolos</i>	<i>51</i>
<i>2.5.2.1.2 Consumo unitário e perda de argamassa industrializada</i>	<i>52</i>
<i>2.5.2.2 Fatores influenciadores</i>	<i>54</i>
<i>2.5.2.3 Valores de referência</i>	<i>56</i>
<i>2.5.3 Revestimento de emboço de fachada</i>	<i>60</i>
<i>2.5.3.1 Como medir a perda e o consumo</i>	<i>60</i>

2.5.3.2	<i>Fatores influenciadores</i>	60
2.5.3.3	<i>Valores de referência</i>	62
2.6	Sistemas de medição de desempenho versus indicadores para tecnologias construtivas à base de cimento	66
3	PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA	69
3.1	Conceituando a produtividade	69
3.2	Importância do estudo da produtividade	70
3.3	Estudo da produtividade: modelo dos fatores	71
3.4	Como medir a produtividade	74
3.5	Fatores que influenciam a produtividade	77
3.5.1	<i>Classificação</i>	78
3.5.2	<i>Estudos de referência</i>	79
3.6	Produtividade de tecnologias construtivas à base de cimento	82
3.6.1	<i>Concretagem da superestrutura de concreto</i>	82
3.6.1.1	<i>Como medir a produtividade</i>	83
3.6.1.2	<i>Fatores influenciadores</i>	85
3.6.1.3	<i>Valores de referência</i>	88
3.6.2	<i>Alvenaria de vedação</i>	92
3.6.2.1	<i>Como medir a produtividade</i>	92
3.6.2.2	<i>Fatores influenciadores</i>	93
3.6.2.3	<i>Valores de referência</i>	95
3.6.3	<i>Revestimento de emboço de fachada</i>	99
3.6.3.1	<i>Como medir a produtividade</i>	99
3.6.3.2	<i>Fatores influenciadores</i>	100
3.6.3.3	<i>Valores de referência</i>	102
4	PROGRAMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO	105
4.1	Metodologia do programa	105
4.2	Apresentação e análise dos resultados	111
4.2.1	<i>Estruturação do programa</i>	111
4.2.1.1	<i>Definição do programa</i>	112
4.2.1.1.1	<i>Estrutura de concreto armado</i>	114
4.2.1.1.2	<i>Alvenaria de vedação</i>	117

4.2.1.1.3	Revestimento de emboço de fachada	121
4.2.1.2	<i>Manual de indicadores</i>	122
4.2.1.3	<i>Seleção das empresas</i>	128
4.2.2	<i>Implantação do programa</i>	130
4.2.2.1	<i>Reuniões de trabalho</i>	131
4.2.2.2	<i>Implantação piloto</i>	131
4.2.2.2.1	Estrutura de concreto armado	133
4.2.2.2.2	Alvenaria de vedação	135
4.2.2.2.3	Revestimento de emboço de fachada	138
4.2.2.3	<i>Visitas técnicas</i>	139
4.2.2.4	<i>Acompanhamento da implantação do programa</i>	140
4.2.3	<i>Análise da implantação e dos resultados obtidos</i>	143
4.2.3.1	<i>Análise da implantação do programa</i>	143
4.2.3.2	<i>Análise dos resultados obtidos no programa</i>	146
4.2.3.2.1	Caracterização das empresas	146
4.2.3.2.2	Caracterização dos empreendimentos	148
4.2.3.2.3	Resultados obtidos no programa	151
4.2.3.3	<i>Análise comparativa dos resultados com estudos de referência</i>	156
4.2.3.3.1.	Perda de concreto	156
4.2.3.3.2.	Produtividade na concretagem de pilares	158
4.2.3.3.3.	Produtividade na concretagem de vigas, laje e complemento de pilares	159
4.2.3.3.4.	Perda de blocos/tijolos	160
4.2.3.3.5.	Perda de argamassa industrializada para alvenaria de vedação	161
4.2.3.3.6.	Produtividade na elevação da alvenaria de vedação	161
4.2.3.3.7.	Produtividade na execução do emboço de fachada	162
4.2.3.4	<i>Análise do programa pelas empresas construtoras</i>	164
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	167
5.1	Conclusões	167
5.2	Sugestões de temas para trabalhos futuros	169
	REFERÊNCIAS	171
	APÊNDICE A - Manual de indicadores	180

APÊNDICE B - Questionário de avaliação da implantação do PROGRIDE	252
APÊNDICE C - Planilha para envio mensal de resultados	254
APÊNDICE D - Roteiro de visita (<i>in loco</i>)	257
APÊNDICE E - Caracterizações de insumos e serviços	262

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil tem vivenciado um momento de crescimento vertiginoso e a competitividade existente ratifica a necessidade de mudanças, uma vez que este acelerado crescimento tem gerado preocupações, como: atendimento aos prazos para entrega de obras e custos previstos no orçamento.

Para que a execução de serviços seja mais ágil e os custos sejam reduzidos são necessárias adequações de forma que os materiais de construção sejam utilizados com maior eficiência, mitigando efetivamente as mais diversas formas de desperdícios.

Particularmente, a produtividade apresenta-se como um dos principais fatores utilizados para medir os resultados e a eficiência da produção na indústria da construção, podendo, inclusive, servir para medir o estado de crescimento econômico e de produção relacionados a partir de perspectivas industrial e empresarial (JANG et al., 2011; KIM et al., 2011).

No âmbito nacional, a indústria da construção civil tem sido bastante representativa na economia e isto pode ser observado a partir do crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. Estimativas elaboradas pela Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção (Fundação Getúlio Vargas) relatam que o macrossetor da construção tem representatividade de 8,3% no PIB brasileiro (*CONSTRUBUSINESS*, 2012). Indicadores apontam o crescimento do mercado da construção civil em 2011: Produto Interno Bruto (PIB) da construção obteve aumento 3,6% em relação ao ano de 2010, sendo superior ao aumento do PIB nacional que obteve um aumento de 2,7% (IBGE, 2012); Índice de Velocidade de Vendas - IVV do grande Recife teve, em 2010, uma média superior a 14,0% (FIEPE, 2012); crescimento do crédito imobiliário de 42% (ABECIP, 2012), investimento equivalente a 79,9 bilhões de reais, um recorde histórico.

Apesar de toda a competitividade, importância econômica, estudos e pesquisas realizados, nos últimos 20 anos, a racionalização dos processos, principalmente com relação à produtividade da mão de obra, ainda tem sido uma dificuldade a ser vencida pela indústria da construção (JANG et al., 2011; MAWDESLEY; AL-JIBOURI, 2010).

Este é o cenário atual onde as empresas de construção estão inseridas, no qual o acirramento da competição está ainda associado à obrigação vital de atendimento às legítimas exigências dos clientes externos e internos.

Para garantir a permanência no mercado, as empresas construtoras devem se mobilizar para tornarem mais eficientes os seus processos construtivos. Para tanto, é necessário monitorar o processo de produção a fim de verificar os fatores que reduzem a sua eficiência, buscando sempre o aumento da produtividade dos serviços, a racionalização do processo através, principalmente, da redução do retrabalho e dos custos envolvidos. Desta forma, os clientes em todos os níveis serão beneficiados, desde o cliente interno alcançando as economias dos países e do mundo como um todo (ARAÚJO; SOUZA, 2001; MAWDESLEY; AL-JIBOURI, 2010).

Além disso, Mendes (2012) relata que “o salto da produtividade só é possível com a participação das indústrias de materiais, máquinas e equipamentos de construção, que já estão respondendo às demandas das construtoras com sistemas e processos construtivos mais racionais”. No entanto, é preciso ter a consciência de que a tecnologia, apenas, não é suficiente para solucionar as deficiências de produtividade, é necessário saber gerenciar e treinar a mão de obra para o uso adequado da tecnologia a favor da melhoria para obter uma produção mais ágil.

Diante disto, esta pesquisa aborda o consumo e a perda de materiais e componentes, bem como a produtividade da mão de obra, durante a execução dos serviços de tecnologias construtivas à base de cimento, isto porque este material tem ampla utilização em obras de construção civil e grande representatividade nos subsistemas presentes nas edificações, devido à versatilidade de sua aplicação, além de fazer parte do processo construtivo tradicional brasileiro. Cabe ressaltar que a pesquisa foi desenvolvida na cidade de Recife/PE e as tecnologias construtivas selecionadas como foco do trabalho foram escolhidas basicamente em função de três critérios: influência no caminho crítico da obra, influência sobre o custo total do empreendimento e interesse das empresas locais, expresso através da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), em compreender os seus níveis de desempenho.

De acordo com a Revista Construção (*apud* ARAÚJO, 2000, p. 4), a superestrutura de uma edificação, seja ela comercial ou habitacional, representa por volta de 28% do custo total da

obra. Além disso, uma composição de custos realizada para uma estrutura em concreto armado apresenta 44% representado pelas fôrmas, 29% pela armação e 27% pela concretagem. Apesar de possuir menor representatividade com relação aos custos, a concretagem apresenta importância bastante relevante, uma vez que, além de resistir aos esforços de compressão, tem função o recobrimento das armaduras e representa um “gargalo” na produção.

As paredes de vedação, isoladamente, alcançam em torno de 3% a 6% do custo total da obra, mas quando são levadas em conta suas inter-relações com o conjunto das esquadrias, revestimentos e instalações hidrossanitárias e elétricas, essa percentagem pode chegar a valores entre 20% e 40% (BARROS, 1998; LORDSLEEM JR., 2000).

Goldman (2004), por sua vez, relata que em índices obtidos em pesquisa baseada em treze orçamentos detalhados de edificações dos mais diversos padrões de acabamento na cidade do Rio de Janeiro entre os anos de 2002 e 2003, foi possível verificar que o percentual de custo dos revestimentos é algo em torno de 8 a 14% em relação ao custo total da obra.

O contexto apresentado ressalta a importância do conhecimento e acompanhamento dos indicadores de perda e consumo de materiais e componentes e de produtividade da mão de obra como ferramenta de monitoramento da execução dos métodos construtivos à base de cimento, buscando a melhoria contínua destes processos.

1.1 Justificativa

A medição de desempenho na indústria da construção tem sido estudada, pois, através deste processo, torna-se possível a obtenção de informações que auxiliam a retroalimentação do sistema, fornecendo subsídios para a tomada de decisões. Além disso, a medição de desempenho permite identificar pontos críticos existentes e as ações que podem ser aplicadas para melhoria do processo construtivo (DUARTE, 2011).

De acordo com o Department of Trade and Industry – DTI (2001), “é importante saber onde se encontram os pontos fortes e fracos da organização, e como parte do ciclo PDCA (Plan - Planejamento, Do - Execução, Check -Verificação, Action - Ação), a medição desempenha

um papel fundamental nas atividades de melhoria da qualidade e produtividade”. Segundo este departamento, as principais razões para medição do desempenho são: garantir que os requisitos do cliente sejam atendidos; adquirir capacidade para estabelecer objetivos alcançáveis e cumpri-los; fornecer padrões passíveis de comparações; dar visibilidade e estabelecer uma forma de divulgação para que as pessoas possam monitorar seus próprios níveis de desempenho; trazer ao conhecimento os problemas de qualidade; e estipular que áreas merecem atenção prioritária; e retroalimentar o sistema, buscando direcionar os esforços de melhoria.

Miranda e Silva (2002) relatam que as ações adotadas por uma empresa devem ser monitoradas para acompanhamento de seu nível de desempenho. Estes autores ainda apontam as seguintes razões pelas quais as empresas devem investir em um sistema de medição de desempenho para: controlar as suas atividades operacionais; alimentar os sistemas de incentivo de funcionários; controlar o planejamento; criar, implantar e conduzir estratégias competitivas; identificar problemas que necessitem da intervenção dos gestores; e verificar se a missão da empresa está sendo atingida.

Desta forma, verifica-se que os sistemas de medição de desempenho podem ser utilizados com o propósito de *benchmarking* visando elevar o poder de competitividade da empresa através da comparação com referências, subsidiando assim a melhoria contínua de seus processos (CORPORACION DE DESARROLLO TECNOLÓGICO, 2002).

Ao longo dos anos, a prática do *benchmarking* vem sendo amplamente disseminada e a indústria da construção de diversos países tem se mobilizado para o desenvolvimento de iniciativas neste sentido, tais como (BAKENS; VIRIES; COURTNEY, 2005; BOTERO; RAMÍREZ; ÁLVAREZ, 2007; DUARTE, 2011):

- Reino Unido: *Construction Key Performance Indicators*;
- Estados Unidos: *Construction Industry Institute Benchmarking e Metrics Programme*;
- Chile: *Sistema Nacional de Benchmarking para el Sector de la Construcción*;
- Holanda: *Annual Economic Performance Survey of construction firms*;
- Dinamarca: *Danish Construction Benchmarking*;
- Portugal: *Indicadores de Desempenho e Produtividade (IDPs) – icBench*;
- Colômbia: *Sistema de referenciación para la construcción – Benchcolombia*.

Cabe ressaltar também que alguns destes programas de *benchmarking* têm motivado o arranjo colaborativo, visto que possibilitam a gestão do conhecimento e a implementação de melhorias nas organizações participantes, a partir da comparação de resultados e do compartilhamento de experiências e conhecimento dos envolvidos (COSTA, 2008).

No Brasil, em particular, algumas pesquisas/iniciativas de *benchmarking* foram desenvolvidas com o propósito de medir o desempenho na cadeia produtiva da construção civil através do levantamento de dados e disseminação de informações.

Uma pesquisa realizada no final da década de 90, intitulada “Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras” teve como foco: mensurar, de forma padronizada, os desperdícios de materiais/componentes envolvidos em diversos serviços, levantar as causas das perdas e buscar alternativas para reduzi-las. Esta pesquisa foi desenvolvida pelo Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (PCC-EPUSP) com participação de 16 universidades brasileiras, 52 empresas construtoras e apoio de várias entidades de apoio financeiro e institucional (AGOPYAN et al., 1998). Como resultado, esta pesquisa possibilitou a constituição de um banco de dados, a partir do qual foram gerados valores de referência.

Outra pesquisa que merece destaque foi desenvolvida pelo Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e intitula-se “Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil” (SISIND-NET). Este projeto teve como objetivo o desenvolvimento e implantação de um sistema de indicadores para *benchmarking* na indústria da construção, que contemplou um grupo de 18 indicadores, envolvendo os processos de produção e segurança, clientes, vendas, fornecedores, qualidade e pessoas. Dentre suas metas, este projeto buscou proporcionar um ambiente de aprendizagem onde as empresas pudessem “compartilhar informações quantitativas e qualitativas de seu desempenho e melhores práticas” para comparação e troca de experiências (COSTA, 2008).

No ano de 2010, uma terceira experiência desenvolvida através da parceria entre o Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Pernambuco (SINDUSCON/PE) e o POLITECH - Grupo de pesquisa em tecnologia e gestão da Construção de Edifícios da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, intitulou-se “Indicadores para *benchmarking* em

Empresas de Construção Civil” (INDICON). Este projeto teve como objetivo conceber, desenvolver e implantar um sistema de indicadores de desempenho que permitisse às empresas analisar e disseminar os resultados obtidos. Além disso, o sistema teve como proposta a avaliação comparativa dos resultados entre empresas construção, a fim de identificar as melhores práticas e gerar valores de referência para o setor, fornecendo assim subsídios para melhoria contínua. Cabe ressaltar que este sistema contemplou 20 indicadores distribuídos entre os processos pertinentes ao sistema de gestão da qualidade de empresas construtoras: comercial, financeiro, planejamento, assistência técnica, recursos humanos, obra, suprimentos e projetos (INDICON, 2010).

Com foco voltado para o concreto usinado, o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Distrito Federal (SINDUSCON/DF), desde o ano de 2009, está desenvolvendo o projeto “Indicadores do concreto” que surgiu com objetivo de gerar índices para acompanhamento e mensuração das características técnicas e logísticas referente ao serviço de concretagem e formação de uma base de dados necessária para avaliação do abastecimento do concreto, visando à identificação de ações de melhoria. Para tanto, este projeto conta com indicadores de programação e indicadores de análise tecnológica (INDICADORES DO CONCRETO, 2011).

Diante deste contexto, fica evidente a importância de sistemas de medição de desempenho em empresas de construção civil, pois a partir destes é possível conhecer e analisar os pontos críticos do processo, buscando a melhoria contínua através da retroalimentação do sistema de gestão da qualidade.

1.2 Contextualização da pesquisa

O crescimento acelerado e o uso reduzido de tecnologias que favoreçam uma produção mais ágil e a racionalização dos processos construtivos tem sido um fator limitante para o desenvolvimento competitivo do subsetor construção de edifícios. Neste sentido, a Comunidade da Construção de Recife tem se mobilizado através da busca por um melhor desempenho dos métodos construtivos à base de cimento.

Sob a liderança da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), a Comunidade da Construção tem desenvolvido programas que buscam o uso de ferramentas que auxiliem a produção racionalizada a partir dos projetos contemplados nos seus ciclos de atividades. Estes ciclos contemplam atividades de aprimoramento técnico e gerencial relacionadas ao tema adotado. Para tanto, estas atividades envolvem estudos técnicos, participação em cursos, palestras e seminários, intercâmbios técnicos, acompanhamento de obras e consultorias que são desenvolvidas ao longo de um período de 12 a 24 meses.

Como exemplo, cita-se o programa “obra monitorada”, foco dos 3º e 4º ciclos da Comunidade da Construção, que teve como o objetivo monitorar os indicadores de perdas, consumo e produtividade para o serviço de elevação da alvenaria de vedação (LORDSLEEM JR., 2009). Além deste programa, o 4º ciclo da Comunidade da Construção de Recife contemplou temas como a gestão, coordenação de projetos e produtividade atrelados à execução de estruturas de concreto armado.

Inserido neste contexto, a presente pesquisa foi desenvolvida junto à Comunidade da Construção da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), como parte das ações do 5º ciclo de atividades (2011/2012), que contemplou a reunião de um grupo de 29 empresas construtoras da cidade de Recife/PE. Diante disto, implantou-se o Programa de Indicadores de Desempenho para Tecnologias à Base de Cimento (PROGRIDE), no qual as empresas construtoras envolvidas puderam contribuir com seus resultados e informações. Cabe destacar ainda que a coordenação executiva do programa foi de responsabilidade da autora deste trabalho.

Social e economicamente, o monitoramento das perdas de materiais e produtividade da mão de obra facilita a identificação dos pontos críticos de processos construtivos, tornando-se uma importante ferramenta para minimizar a geração de resíduos, o desperdício de materiais e horas trabalhadas, reduzindo, conseqüentemente, os custos de produção.

Esta pesquisa buscou contribuir para uma maior interação entre o âmbito acadêmico e técnico, representado pelas empresas construtoras, uma vez que a padronização da metodologia de coleta de dados, baseada no estudo acadêmico, proporciona aos envolvidos a geração de valores de referência com metodologia padronizada e passível de comparação com diversos outros trabalhos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Esta pesquisa tem como objetivo propor método para o desenvolvimento e a implantação do Programa de Indicadores de Desempenho para Tecnologias Construtivas à Base de Cimento na cidade de Recife/PE, cuja padronização da metodologia de coleta e processamento de dados viabilizou a prática de *benchmarking* e a geração de valores de referência.

1.3.2 Objetivos específicos

Para a efetiva consecução do objetivo geral desta dissertação foi necessário cumprir os seguintes objetivos específicos:

- Criar a metodologia para o desenvolvimento do programa;
- Descrever o programa de indicadores de desempenho ao longo de todo o seu desenvolvimento;
- Analisar a estruturação e implantação do programa de indicadores, visando atestar os benefícios resultantes;
- Gerar valores de referência para o setor;
- Analisar comparativamente os resultados do programa com estudos de referência.

1.4 Metodologia

Este trabalho consistiu numa pesquisa descritiva, cujo desenvolvimento abordou a pesquisa bibliográfica e o estudo de avaliação de programa, que é uma das subdivisões da pesquisa de campo. Cabe salientar que o tipo de pesquisa adotado se deu em função da realidade compreendida pelo programa, onde houve a padronização do método de coleta de dados, mas sem manipulação de informações.

Gil (2002) destaca que uma das características mais relevantes da pesquisa descritiva é a padronização da coleta de dados, seja pelo uso de questionários ou pela observação

sistemática. Marconi e Lakatos (2007) relatam ainda que a pesquisa de campo consiste na observação dos fatos, coleta de dados, registro de informações e análise de resultados.

A metodologia adotada neste trabalho contemplou a realização das etapas descritas a seguir (Quadro 1.1).

Quadro 1.1 – Delineamento da metodologia de pesquisa

Etapas da pesquisa	Descrição
a. Pesquisa bibliográfica	Levantamento bibliográfico (conceitos, importância, forma de medição e fatores influenciadores): <ul style="list-style-type: none"> - Perda de materiais - Consumo de materiais - Produtividade da mão de obra
b. Desenvolvimento do elemento operacional	<ul style="list-style-type: none"> - Definição dos indicadores padrão - Definição da metodologia padrão para coleta de dados - Desenvolvimento do manual de indicadores - Criação de planilha unificada para envio mensal de resultados
c. Pesquisa de campo preliminar	Implantação piloto dos indicadores em campo: <ul style="list-style-type: none"> - Avaliação do método de coleta - Identificação dos pontos críticos da metodologia - Validar do manual de indicadores - Identificação possíveis fatores influenciadores dos indicadores
d. Pesquisa de campo	<ul style="list-style-type: none"> - Caracterização das empresas - Caracterização dos empreendimentos - Caracterização de insumos/serviços - Realização da coleta de dados
e. Avaliação e análise dos resultados obtidos	<ul style="list-style-type: none"> - Avaliação da implantação do programa junto às empresas construtoras participantes - Análise das características de empresas e empreendimentos envolvidos no programa - Discussão dos resultados obtidos pelas empresas - Análise comparativa dos resultados alcançados pelo programa com referências - Análise do programa pelas empresas construtoras participantes

Fonte: Próprio autor (2013).

a. Pesquisa bibliográfica

Levantamento do estado da arte relativo ao assunto, contemplando as perdas e o consumo de materiais e componentes e a produtividade da mão de obra para tecnologias construtivas à base de cimento. Cabe ressaltar que foram abordados os conceitos, a importância, as formas de medição e os fatores influenciadores de cada indicador estudado.

As principais fontes consultadas foram: artigos de revistas (periódicos) e de congressos nacionais e internacionais, livros, dissertações, teses e sites institucionais.

A revisão bibliográfica buscou estabelecer o referencial teórico e parâmetros para análise dos resultados.

b. Desenvolvimento do elemento operacional

Aprimoramento da ferramenta para coleta de dados. Para tanto, utilizou-se a revisão bibliográfica como referência.

Inicialmente, foram definidos os indicadores e a metodologia padrão para a coleta de dados. A partir disto, foi desenvolvido o manual de indicadores (Apêndice A) que é composto por 09 cadernos, sendo 02 voltados para caracterizações (empresa e empreendimento) e 07 para a coleta dos indicadores. Os cadernos desenvolvidos para coleta dos indicadores dividem-se basicamente em 03 etapas, quais sejam: procedimento de coleta, contemplando o objetivo do indicador, orientações gerais, instruções para coleta e as fórmulas de cálculo; caracterização do insumo ou serviço; e planilhas para registro de dados e geração de resultados.

Cabe salientar que o manual de indicadores foi desenvolvido de forma preliminar a partir de reuniões ocorridas na cidade de São Paulo/SP, no entanto, foi adaptado em função das necessidades/dificuldades encontradas pelo programa, tendo como base as informações adquiridas ao longo da implantação piloto do PROGRIDE.

Além do manual de indicadores, foi elaborada a planilha para envio mensal de resultados (Apêndice B), a fim de viabilizar a consolidação dos indicadores em planilha única.

c. Pesquisa de campo preliminar (implantação piloto)

Realização de coleta de dados *in loco*, a fim de avaliar o método de coleta, identificar os pontos críticos para obtenção de informações, validar o manual e identificar possíveis fatores influenciadores dos indicadores. Marconi e Lakatos (2007) denominam esta etapa da pesquisa como pré-teste, que visa verificar a presença de possíveis falhas no manual desenvolvido.

d. Pesquisa de campo

Caracterização de empresas, empreendimentos e insumos, ou serviços, e realização da coleta de dados, visando obter resultados quantitativos relativos à perda de e consumo de materiais e componentes e à produtividade da mão de obra para tecnologias construtivas à base de cimento.

e. Avaliação e análise dos resultados obtidos

Inicialmente, a implantação do programa foi avaliada através da coleta de informações (levantamento quantitativo de dados e questionário) e da observação direta da autora deste trabalho, junto às empresas construtoras participantes. Em seguida, as características das empresas e dos empreendimentos envolvidos no programa foram analisadas, além de apresentar e discutir brevemente os resultados obtidos ao longo dos três ciclos de coleta de dados. Também foi realizada a análise comparativa dos resultados alcançados pelo programa com as referências de estudos/experiências anteriores. Por fim, realizou-se a análise do programa pelas empresas construtoras participantes através da aplicação do questionário de avaliação da implantação.

1.5 Estrutura do trabalho

O trabalho é composto por cinco capítulos, sendo o primeiro destinado à introdução, apresentando as justificativas para o desenvolvimento do trabalho, a contextualização, os objetivos e a metodologia da pesquisa, e o último referente às considerações finais.

No capítulo 2, a partir de revisão bibliográfica, são abordados os conceitos básicos, a importância do estudo, as formas de mensuração e os fatores que podem causar perdas de materiais e componentes. Além destes, são apresentados estudos/experiências e resultados de pesquisas realizadas para cada uma das tecnologias construtivas adotadas neste trabalho (estrutura de concreto, alvenaria de vedação e revestimento externo).

Por semelhante modo, o capítulo 3 trata dos conceitos, importância, formas de mensuração e fatores que podem influenciar a produtividade da mão de obra. Por fim, são apresentados os resultados obtidos em pesquisas realizadas em todo o país.

O capítulo 4 objetiva descrever a metodologia adotada para desenvolvimento da pesquisa de campo, bem como o desenvolvimento do programa de indicadores, apresentando como se deu o início do programa, a sua estruturação e implantação, que, dentre outros assuntos, trata da análise dos resultados obtidos.

2 PERDAS DE MATERIAIS E COMPONENTES

Neste capítulo são abordados os conceitos básicos relacionados à perda e ao consumo unitário de materiais, buscando ressaltar a importância do seu estudo para racionalização dos processos construtivos.

Inicialmente, procura-se apresentar, ainda que de maneira sucinta, a classificação e forma de medição das perdas, bem como do consumo de materiais e componentes. Em seguida, são apresentados estudos que apontam fatores que causam e/ou minimizam o desperdício de materiais.

Por fim, são descritas, individualmente, as formas de medição, os fatores influenciadores e os valores de referência de perda e consumo unitário de materiais para cada uma das três tecnologias construtivas abordadas nesta pesquisa.

2.1 Conceituando as perdas

Formoso et al. (1996) definem perdas como “qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão de obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação”. Desta forma, considera-se como perda não somente o desperdício de materiais, mas também a execução de atividades desnecessárias, que não agregam valor ao produto final.

De acordo com Paliari (1999), perdas são consumos adicionais de recursos em relação aos previstos, ocasionados por desperdícios provenientes da complexidade de inter-relacionamento entre etapas do processo de produção construtiva.

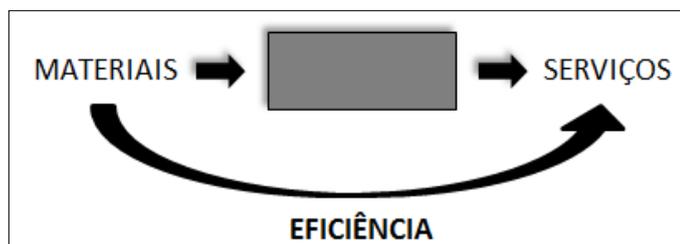
Para Souza (2005), perda é “toda quantidade de material consumida além da quantidade teoricamente necessária, que é aquela indicada no projeto e seus memoriais, ou demais prescrições do executor, para o produto sendo executado”.

Objetivamente, perda é a diferença entre um consumo efetivamente realizado (consumo real) e um consumo de referência preestabelecido, sejam eles materiais, de mão de obra ou tempo

(AGOPYAN et al., 1998; ANDRADE, 2005; FORMOSO, 1996; PALIARI, 1999, 2008; PALIARI; SOUZA, 2006; SOUZA, 2001, 2005).

Diante dos conceitos apresentados, percebe-se que as perdas estão intimamente ligadas ao conceito de consumo, uma vez que a perda representa um consumo além do previsto/necessário. Souza (2001) descreve o consumo unitário de materiais como “a eficiência em se transformar o recurso físico material em serviços de construção” (Figura 2.1).

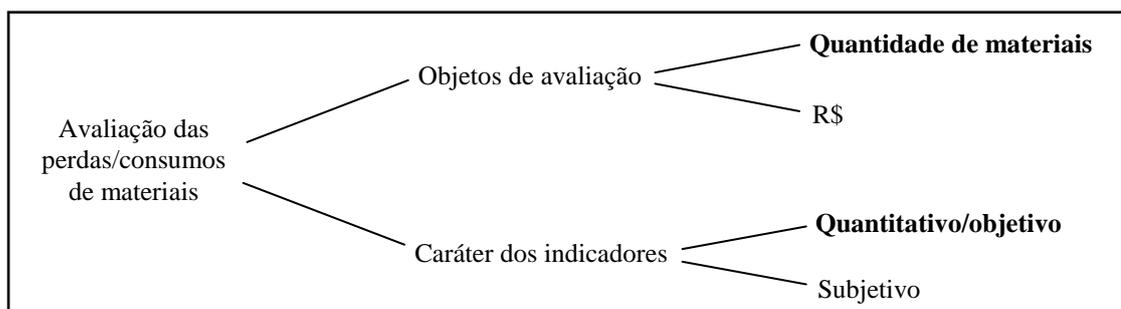
Figura 2.1 - Consumo de materiais no processo produtivo



Fonte: Souza (2001).

Souza (2005) avalia ainda perdas e consumos de materiais sob duas perspectivas: o objeto de avaliação, ou seja, o que está sendo mensurado; e o caráter do indicador, conforme Figura 2.2.

Figura 2.2 - Disposição da avaliação de perdas ocorridas no canteiro de obras



Fonte: Souza (2005).

Para este mesmo autor, as perdas podem ser discriminadas de duas formas:

- perdas diretas (perdas de recursos físicos) - mão de obra, energia, equipamentos e materiais;
- perdas indiretas (perda de recursos financeiros) - custos das perdas dos materiais, mão de obra (custos indiretos), equipamentos, energia e custo relacionado a perdas de outra natureza.

Cabe ressaltar que as perdas de recursos financeiros, na maioria dos casos, estão diretamente ligadas a perdas de recursos físicos. No entanto, existe uma grande dificuldade na identificação da fonte destas perdas, devido à variedade de suas origens. As deficiências podem ser decorrentes de vários fatores, como: problemas físicos, falhas do próprio orçamento, ou por falta de um projeto coerente onde estejam disponíveis todas as informações necessárias para uma boa compreensão.

Além da discriminação das perdas em diretas e indiretas, Formoso et al. (1996) relatam que as perdas podem ser classificadas basicamente de três formas, segundo a sua natureza, segundo a sua forma de controle e segundo a sua origem, conforme descrito a seguir.

2.1.1 Perdas segundo sua natureza

Agopyan et al. (1998) apresentam nove classificações para as perdas segundo a sua natureza, quais sejam:

- **perdas por superprodução:** são aquelas decorrentes da produção superior a necessária para execução de um determinado serviço;
- **perdas por substituição:** são provocadas pelo uso de material de desempenho superior ao especificado;
- **perdas por espera:** ocorrem devido a paradas na execução de um serviço, seja por indisponibilidade de materiais ou por outro motivo;
- **perdas por transporte:** são aquelas causadas pelos excessos de transportes, devido à deficiência, por exemplo, no planejamento do *layout* do canteiro;
- **perdas no processamento:** decorrentes da própria execução do serviço, por falhas ou atividades intrínsecas à execução;
- **perdas nos estoques:** provocadas pelo armazenamento inadequado dos materiais, que podem ser por causa da falta de cuidados no armazenamento ou de falhas na programação;
- **perdas no movimento:** causadas pelos deslocamentos dos trabalhadores durante a execução do serviço;

- **perdas pela elaboração de produtos defeituosos:** são aquelas decorrentes do recebimento de produtos que não atendem aos requisitos mínimos de qualidade especificados;
- **outras:** provocadas pela ocorrência de acidentes, roubos, entre outros.

As perdas citadas acima correspondem não apenas a perda de materiais, mas levam em consideração também os desperdícios financeiros e de tempo, uma vez que o uso de materiais com desempenho superior ao solicitado incide em um investimento financeiro dispensável. Além disso, existem os custos inerentes às perdas de materiais ou tempo envolvidos em uma atividade desnecessária. Com relação ao tempo, pode-se apresentar, ainda, as perdas por espera, excesso de transportes no canteiro, retrabalho, deslocamento dos funcionários, entre outros.

Cabe destacar que uso de produtos defeituosos, além de provocar a perda de materiais devido a sua baixa qualidade, pode reduzir a qualidade do produto final, ou seja, com uso destes materiais a construtora poderá oferecer aos seus clientes um produto de qualidade inferior à contratada.

Diante disto, verifica-se que a identificação da natureza das perdas pode auxiliar os gestores a detectar os motivos pelos quais ocorrem desperdícios, sejam eles de materiais, financeiro ou de tempo, permitindo assim a melhoria do gerenciamento da obra.

2.1.2 Perdas segundo sua forma de controle

De acordo com Souza (2005), as perdas podem ser classificadas sob duas formas de controle:

- **perdas inevitáveis ou naturais:** são perdas consideradas aceitáveis, onde os custos envolvidos em sua prevenção são superiores a economia gerada. Cabe ressaltar, que estas perdas podem variar entre empresas;
- **perdas evitáveis (desperdício):** são aquelas que apresentam vantagem mesmo diante do investimento necessário para reduzi-las. Geralmente, são perdas decorrentes de processo executivo de baixa qualidade.

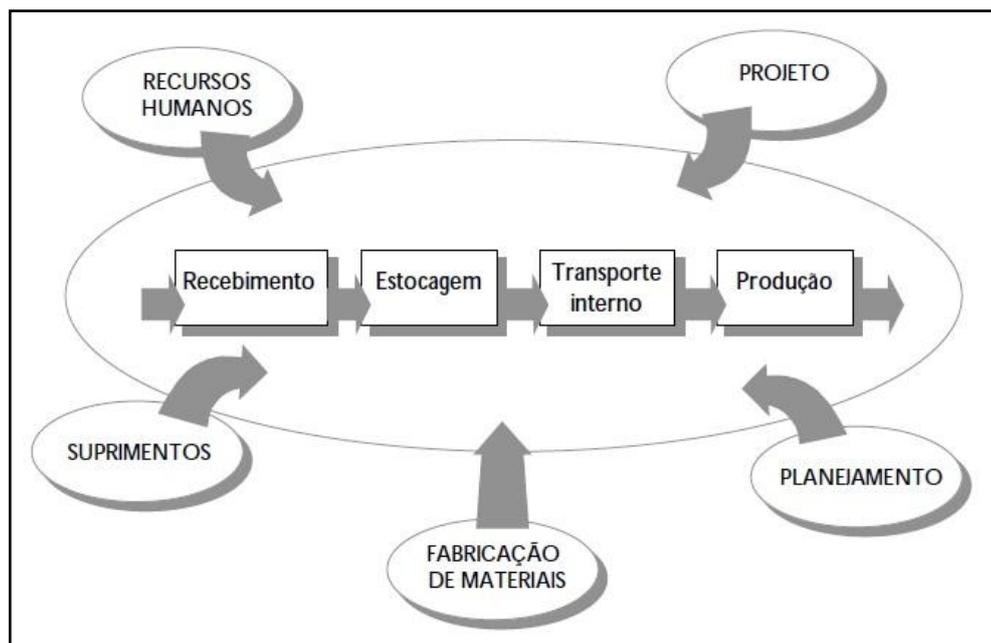
Andrade (1999) cita que as perdas evitáveis são decorrentes do não aproveitamento dos recursos, devido à ausência de controle por parte do gestor. Além disso, o ponto que divide as perdas entre naturais e os desperdícios varia de acordo com a necessidade que a construtora tem de controle dos recursos. Souza (2005) relata ainda que as perdas evitáveis podem ser descritas como aquelas que podem ser controladas ou reduzidas através da gestão dos processos, levando em consideração a tecnologia adotada pela empresa, processo executivo da obra e a capacitação dos funcionários.

Deste modo, torna-se perceptível que a forma e a intensidade do controle de cada empresa determinam quais são as perdas consideradas inevitáveis e evitáveis. Cabe apontar que boa parte das perdas é classificada como evitável e, por isso, passível de redução.

2.1.3 Perdas segundo sua origem

Formoso et al. (1996) relatam que, apesar de ser identificado apenas durante a execução da obra, este tipo de perda pode ocorrer no processo produtivo, mas podem também estar presentes nos processos que antecedem a produção, quais sejam: projeto, planejamento, fabricação de materiais, recursos humanos e suprimentos (Figura 2.3).

Figura 2.3 - As perdas segundo sua origem e momento de incidência



Fonte: Formoso et al. (1996).

Conforme descrito na Figura 2.3, as perdas podem ter origens diversas e incidir em vários momentos, inclusive na fase de uso-manutenção do edifício, que é uma fase posterior à execução do edifício. As origens das perdas podem ser decorrentes de falhas nas etapas ou setores da empresa citados abaixo, além disso, são apresentados alguns exemplos de perdas de acordo com cada origem (FORMOSO et al., 1996, ANDRADE, 1999, SOUZA, 2005).

- **Projeto:** as perdas podem ocorrer devido à ausência de compatibilização entre os projetos antes da execução do edifício, falhas na comunicação entre projetistas, entre outros;
- **Planejamento:** ausência de procedimentos de execução para os serviços em andamento, falta de procedimentos que indiquem as condições adequadas para o armazenamento de materiais, falhas sistemas de controle dos serviços;
- **Fabricação de materiais:** disponibilização de materiais com desempenho incompatível com especificado em projeto, embalagem inadequada de materiais, deficiência na durabilidade dos materiais;
- **Suprimentos:** falha na programação de compras, indefinições quanto aos prazos de entrega, falta de conhecimento das reais necessidades da obra e, conseqüentemente, falta de materiais para dar andamento ao serviço;
- **Recursos humanos:** ausência de treinamento dos funcionários.

Cabe ressaltar que, além das origens citadas, a gerência da obra também pode ser a origem de perdas, como as decorrentes de falhas no planejamento do estoque, do *layout* do canteiro ou da sequência de atividades das obras. Através disto, verifica-se que a partir de ajustes nas origens dos problemas, vários transtornos podem ser evitados durante a execução dos serviços e, também, em fases posteriores.

2.2 Importância do estudo de perdas de materiais e componentes

É evidente o fato de que a geração de resíduos sólidos tem aumentado continuamente, sendo a maior parte desta proveniente de obras da construção civil. Segundo ABRELPE (2010), em todo o Brasil foram coletados aproximadamente 31 milhões de toneladas de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), o que ainda não representa o total produzido, uma vez que a coleta e a destinação final destes resíduos são de responsabilidade do gerador.

Segundo Ekanayake e Ofori (2000), os resíduos de construção podem ser divididos em três categorias básicas: material, mão de obra e resíduos de máquinas. No entanto, o resíduo originado dos desperdícios de material é considerado o mais preocupante, já que a maioria das matérias-primas de insumos da construção é derivada de recursos não renováveis.

Além das perdas ambientais causadas pela intensa produção de resíduos, o desperdício de materiais e componentes tem como consequência grandes perdas econômicas. A deficiência no planejamento durante a elaboração do projeto para produção e na fiscalização do processo executivo implica na adoção de soluções menos racionais, como, por exemplo, o investimento desnecessário em material, mão de obra e tempo e redução na qualidade do produto final (PINHO, 2010).

Souza e Deana (2007) relatam que a perda média de materiais nos processos construtivos durante a etapa de produção é de aproximadamente 25% e que grande parte deste percentual é representada por perdas geradoras de entulhos.

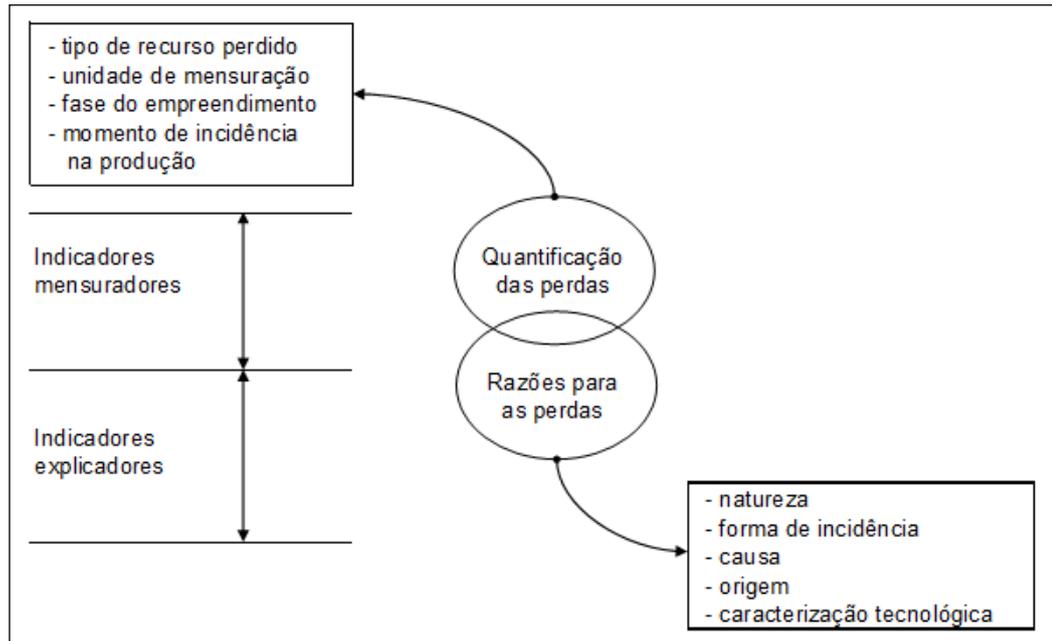
Souza (2005) ainda relata que, ao longo de um ano de atividades, a indústria da construção civil consome de 100 a 200 vezes mais materiais que a indústria automobilística. Isto ratifica a necessidade da implementação de ações que visem o uso de materiais de forma eficiente, contribuindo significativamente para o desenvolvimento sustentável do setor.

Diante deste contexto, é possível vislumbrar a necessidade do monitoramento do consumo e das perdas de materiais e componentes, a fim de auxiliar o gerenciamento das obras, buscando a minimização de desperdícios.

2.3 Como medir consumo unitário e perdas de materiais e componentes

As perdas e consumos dos materiais e componentes podem ser expressos numericamente através de indicadores. Com relação às perdas, Souza (2005) as divide em dois grandes conjuntos de informações apresentadas pelos indicadores: um refere-se à mensuração e o outro às razões de sua origem (Figura 2.4).

Figura 2.4 - Grupos de indicadores para quantificar as perdas e discutir as razões para sua ocorrência



Fonte: Souza (2005).

Este autor relata, ainda, que os indicadores mensuradores de perda podem ser divididos em globais e parciais. Os indicadores globais avaliam a eficiência no uso dos recursos utilizados em todo processo, enquanto os indicadores parciais a eficiência do uso de recursos de forma fracionada, permitindo a localização das partes mais suscetíveis à ocorrência de perdas. Já os indicadores explicadores podem ser divididos em quatro classes:

- **de natureza percentual:** indicam a porcentagem das perdas ocorridas em qualquer que seja a natureza;
- **fatores quantitativos:** quantificam as perdas, buscando contribuir para explicação das perdas;
- **fatores indutores:** buscam representar as possíveis causas ou origem das perdas;
- **fatores caracterizadores:** objetivam definir a expectativa de ocorrência de uma maior ou menor perda, em função da tecnologia adotada para a execução do serviço.

De acordo com os princípios descritos acima, conclui-se que neste projeto, em particular, as perdas serão abordadas através de indicadores mensuradores globais, buscando o entendimento dos fatores causadores dos consumos e sobreconsumos (desperdícios).

2.3.1 Mensuração do consumo unitário

A mensuração do consumo unitário de materiais, conforme Agopyan et al. (1998), é expressa pela relação entre a quantidade de materiais utilizada para execução de uma determinada quantidade de serviço. Desta forma, o cálculo do consumo unitário de materiais é feito através da Equação 2.1:

$$CUM = \frac{C_{real}}{QS} \quad (\text{Equação 2.1})$$

Onde:

CUM = Consumo unitário de materiais, consumo de material por unidade de serviço;

C_{real} = Consumo real, quantidade de material efetivamente utilizado;

QS = Quantidade de Serviço realizado.

Através do consumo unitário (CUM) é possível estimar a quantidade de material necessária para executar o serviço. Além disso, o consumo real serve como um dos parâmetros a ser utilizado para o cálculo do índice de perdas, conforme descrito a seguir.

2.3.2 Índice de perdas

O índice de perdas é medido pelo distanciamento entre o consumo real e o consumo de referência, ou seja, o teoricamente necessário para execução de um determinado serviço. Conforme Agopyan et al. (1998), este índice é calculado através da Equação 2.2:

$$IP (\%) = \frac{C_{real} - C_{ref}}{C_{ref}} \times 100 \quad (\text{Equação 2.2})$$

Onde:

IP (%) = Índice de Perdas, expressa em percentagem;

C_{real} = Consumo real, quantidade de material efetivamente utilizado;

C_{ref} = Consumo de referência, representado pela quantidade de material teoricamente necessária para execução do serviço.

Cabe salientar que o consumo de referência pode ser obtido através de informações do fornecedor de materiais ou de informações fidedignas, como o histórico de consumo de materiais da própria empresa.

O índice de perdas descrito neste item tem por objetivo identificar numericamente a representatividade das perdas globais com relação à quantidade de materiais e componentes necessária para execução de um determinado serviço.

2.4 Fatores que causam perdas de materiais e componentes

No Quadro 2.1 são apresentados três recentes estudos/experiências realizados em diferentes países que apontam fatores causadores de perdas de materiais e minimizadores de desperdícios.

Quadro 2.1 – Fatores causadores de perda e medidas minimizadoras de desperdícios

REFERÊNCIA	FATORES CAUSADORES DE PERDA ou MEDIDAS MINIMIZADORAS DE DESPERDÍCIOS
<p>OLADIRAN (2009)</p>	<p>Pesquisa realizada na Nigéria revela os seguintes fatores causadores de desperdício de materiais:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Alterações de projeto – Entrega a granel – Falhas dos trabalhadores – Comunicação ineficaz – Formato de materiais e componentes economicamente inviável, devido à concepção – Especificação inconclusiva – O desconhecimento de produtos alternativos – A falta de supervisão adequada – Deficiência na interpretação dos desenhos – Vandalismo – Más condições do canteiro – Transporte inadequado de materiais – Falhas/defeitos de construção – Carga e descarga – Má disposição do canteiro – Roubo – Materiais precários – Entrega a granel – Entrega paletizada – Entrega ensacada – Erro dos estimadores – Entrega embalada
<p>WAHAB e LAWAL (2011)</p>	<p>Estudo realizado em Lagos/Nigéria apresenta as seguintes fontes de geração de resíduos:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Sobreconsumo de recursos – Composição e do projeto do edifício – Vandalismo – Danos aos materiais devido ao mau tempo e armazenamento inadequado – Retrabalho – Falta de registro dos materiais fornecidos e utilizados no local – Resíduos do escritório local – Danos aos materiais no local de aplicação devido ao uso incorreto ou descuido na entrega

Fonte: Próprio autor (2012).

Quadro 2.1 – Fatores causadores de perda e medidas minimizadoras de desperdícios (continuação)

REFERÊNCIA	FATORES CAUSADORES DE PERDA ou MEDIDAS MINIMIZADORAS DE DESPÉRDÍCIOS
<p>AGYEKUM, AYARKWA e ADINYIRA (2012)</p>	<p>Pesquisa realizada em Ghana aponta as seguintes medidas para a minimização da geração de resíduos:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Compra de materiais restritos ao necessário – Utilização dos materiais dentro dos prazos de validade – Utilização equipamentos mais eficientes – Adoção de técnicas de administração de canteiros – Boa coordenação entre os responsáveis pelo armazenamento e pela execução de serviço para evitar o excesso de pedidos – Minimização de mudanças de projeto – Formação do pessoal de construção – Armazenamento adequado de materiais no canteiro – Emprego de trabalhadores qualificados – Especificações precisas e materiais adequados para evitar falhas na solicitação – Verificação quantitativa e dos volumes dos materiais fornecidos – Conscientização dos trabalhadores quanto ao manuseio dos materiais – Vigilância de supervisores – Atualização quanto aos tipos de materiais mais recentes existentes no mercado – Medição precisa dos materiais durante a dosagem – Programação semanal da obra – Uso de boas práticas de gestão da construção – Mistura, transporte e lançamento do concreto no momento apropriado – Uso de dimensões padronizadas – Ter um responsável pela gestão de resíduos – Programação de entregas – Realização de operações apenas no tempo determinado – Cuidado na manipulação de instrumentos e equipamento no canteiro – Incentivo a reutilização de resíduos desde o projeto – Uso de resíduos de baixa tecnologia – Reciclagem dos resíduos de alguns materiais no canteiro

Fonte: Próprio autor (2012).

Em pesquisa realizada na Nigéria com 46 profissionais da área de engenharia, Oladiran (2009) cita 23 fatores causadores de desperdício na construção civil, dos quais são destacados como principais: alteração de projeto, fornecimento de materiais a granel, falha dos funcionários, comunicação ineficaz, formato de materiais e componentes economicamente inviável, especificações inconclusivas, falta de familiaridade com produtos alternativos e ausência de supervisão adequada.

Esta pesquisa apresenta ainda 14 técnicas de controle que contribuem fortemente para minimização de desperdícios, quais sejam: inspeção dos materiais na chegada ao canteiro, documentação de entrada e saídas de materiais, sistemas adequados para transporte de materiais, verificação diária do estoque, uso de livretos para requisição de materiais, realização de reuniões regulares no canteiro, verificação da qualidade dos materiais, controle durante o manuseio de materiais por parte dos trabalhadores, locais adequados para

armazenamento, comunicação eficaz, garantir a investigação subsolo antes de iniciar a obra, adesão aos detalhes de projeto, formação de lojistas / canteiro pessoal e reutilização de materiais. Além disso, Oladiran (2009) aponta que a minimização de resíduos contribui para o aumento do lucro dos contratantes, redução de falta de materiais no canteiro, diminuição de atraso na conclusão do projeto e redução do custo final.

Já em pesquisa descrita por Wahab e Lawal (2011) foram abordadas as fontes de resíduos da construção, os fatores que causam desperdícios nos canteiros e as medidas de controle de resíduos. A coleta de dados foi realizada através de questionários, entrevistas e visitas *in loco* aplicados em empresas de construção localizadas em Lagos/Nigéria. Os resultados apontam oito fontes de resíduos, tendo como principais os danos causados por uso incorreto ou descuido na entrega dos materiais no local de aplicação, o retrabalho e a ausência de registros do recebimento e utilização de materiais.

Os fatores causadores de desperdícios foram distribuídos em três classes: variação do projeto, seleção de materiais de construção e método construtivos. Com relação à variação do projeto, o fator mais relevante identificado foi a alteração de projeto devido às exigências de última hora por parte dos clientes. O custo foi considerado o que mais afeta tanto o método construtivo como a seleção dos materiais. Para este último, o fator que menos infere na escolha é a produção de resíduos decorrente de sua utilização. Este estudo revelou que também que a maioria das empresas entrevistadas não utiliza produtos pré-fabricados, não classifica os resíduos *in loco*, usa o despejo como método de eliminação dos resíduos e não quantifica as perdas geradas, ratificando a necessidade de melhoria na gestão dos materiais.

Agyekum, Ayarkwa e Adinyira (2012) relatam um estudo onde foi verificada a influência de 26 medidas para a minimização de desperdícios através da aplicação de questionários a 123 profissionais da área durante um período de dez meses. Cabe ressaltar que foram avaliados o nível de contribuição e o nível de práticas de cada uma das 26 medidas. Como resultado, foram identificadas sete medidas que contribuem para a minimização de desperdícios e nove medidas efetivamente praticadas por 90% ou mais dos entrevistados.

Dentre as medidas pesquisadas, são consideradas, com elevado nível de contribuição e de práticas, as seguintes medidas: compra suficiente de materiais, utilização dos materiais dentro do prazo de validade, uso de equipamentos mais eficientes, coordenação entre o pessoal de

estoque e construção para evitar pedidos em excesso, adoção de técnicas administrativas no canteiro e formação de pessoal de construção. Além destas, são citadas as seguintes medidas: especificações claras e precisas para compra de materiais, como contribuintes da redução de desperdícios, e a minimização das alterações de projeto, o armazenamento dos materiais em local adequado e o emprego de trabalhadores qualificados, como práticas adotadas.

Diante disto, percebe-se que é bastante ampla a gama de fatores que podem gerar perdas e de medidas que podem levar a redução de desperdícios. Dentre os fatores apresentados, destaca-se que uma fração relevante das perdas é decorrente de deficiências/alterações de projeto, falhas no manuseio e/ou armazenamento de materiais, falhas na execução e deficiências gerenciais, tais como falha na supervisão e ausência de registro de controle.

2.5 Perda e consumo unitário em tecnologias construtivas à base de cimento

2.5.1 Concretagem da estrutura de concreto

Segundo Bastos (2006), o concreto armado pode ser definido como “a união do concreto simples e de um material resistente à tração (envolvido pelo concreto) de tal modo que ambos resistam solidariamente aos esforços solicitantes”. Os elementos que compõem a superestrutura de concreto armado, responsáveis por resistir a estes esforços solicitantes, são basicamente pilares, lajes e vigas. Para a produção destes elementos são realizados os serviços referentes a fôrmas, armação e concretagem, sendo este último o foco desta seção.

A concretagem, de acordo a NBR 14931 (2004), é a etapa da execução da estrutura de concreto que contempla as subetapas de transporte do concreto no canteiro de obras, lançamento, adensamento e acabamento da superfície.

2.5.1.1 Como medir a perda e o consumo

Andrade, Souza e Paliari (1999) apresentam a expressão de cálculo adotada para obtenção do índice de perda de concreto, conforme Equação 2.3:

$$I_{GLOBAL} = \left[\frac{(\sum_{j=1}^k Vol_{NF} - Vol_{serv}) - Vol_{Teórico}}{Vol_{Teórico}} \right] \times 100 \quad (\text{Equação 2.3})$$

Onde:

I_{GLOBAL} = índice global de perdas de concreto;

Vol_{NF} = quantidade de material recebido pela obra, em m^3 , de acordo com as notas fiscais;

Vol_{serv} = quantidade de material utilizado em outros serviços, em m^3 ;

$Vol_{Teórico}$ = quantidade teoricamente necessária para execução do serviço, m^3 .

A partir desta expressão, é possível obter o consumo unitário de concreto representado pela Equação (2.4):

$$CUC = \sum_{j=1}^k Vol_{NF} - Vol_{serv} \quad (\text{Equação 2.4})$$

Onde:

CUC = consumo unitário de concreto;

Vol_{NF} = quantidade de material recebido pela obra, em m^3 ;

Vol_{serv} = quantidade de material utilizado em outros serviços, em m^3 .

As informações relativas à quantidade de material recebida em obra podem ser obtidas através da verificação das notas fiscais do concreto usinado, que deve ser apresentada pelo responsável por cada caminhão utilizado para o transporte do concreto usinado, e representam o consumo real de materiais.

O volume teórico deve ser calculado através das medidas dispostas no projeto estrutural, de acordo com Andrade (1999). As Figuras 2.5, 2.6, 2.7 e 2.8 ilustram as dimensões que devem ser adotadas para o cálculo da quantidade de concreto de cada elemento estrutural, que é equivalente ao seu volume.

Para cada pilar, o volume de concreto (m^3), V_{CP} , deve ser calculado a partir da Equação 2.5:

$$V_{CP} = A_{seçãoopilar} \times h_{pilar} \quad (\text{Equação 2.5})$$

Onde:

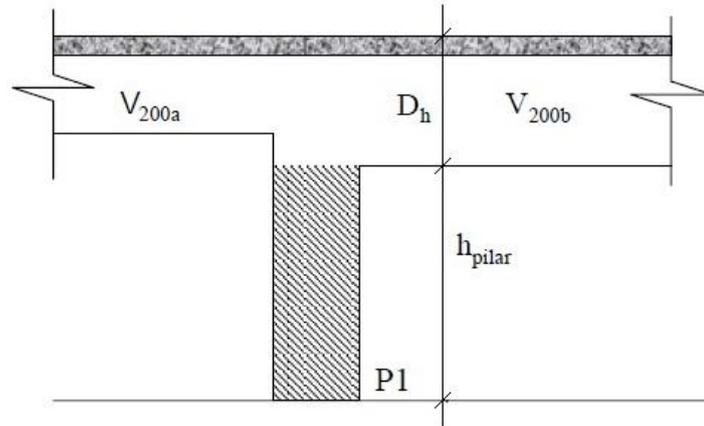
$A_{seçãoopilar}$ = Área da seção transversal do pilar (m^2);

h_{pilar}^* = Altura do pilar (m), conforme Figura 2.5;

* $h_{\text{pilar}} = H_{\text{pé-esquerdo}} - D_h$;

D_h = altura da viga de maior altura que chega ao pilar.

Figura 2.5 – Dimensões adotadas para o cálculo do volume de pilar



Fonte: Adaptado de Andrade (1999).

O cálculo do volume de complemento de pilar (m^3), V_{CCP} , deve ser realizado conforme Equação 2.6 e ilustrado pela Figura 2.6.

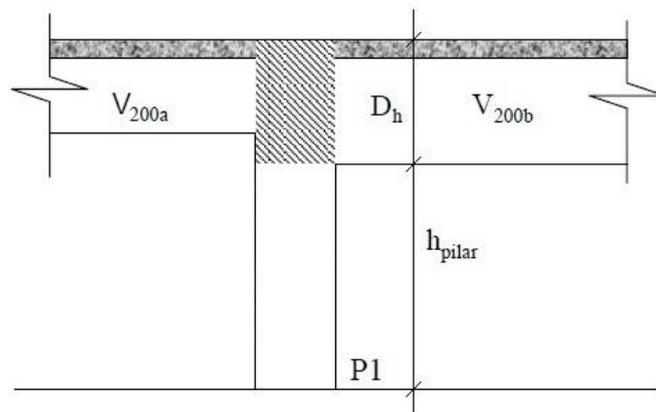
$$V_{CCP} = A_{\text{seção pilar}} \times D_h \quad (\text{Equação 2.6})$$

Onde:

$A_{\text{seção pilar}}$ = Área da seção transversal do pilar (m^2);

D_h = altura da viga de maior altura que chega ao pilar.

Figura 2.6 – Dimensões adotadas para o cálculo do volume de complemento de pilar



Fonte: Adaptado de Andrade (1999).

Para cálculo do volume de viga (m^3), V_{CV} , deve-se utilizar a Equação 2.7 que é ilustrada pela Figura 2.7.

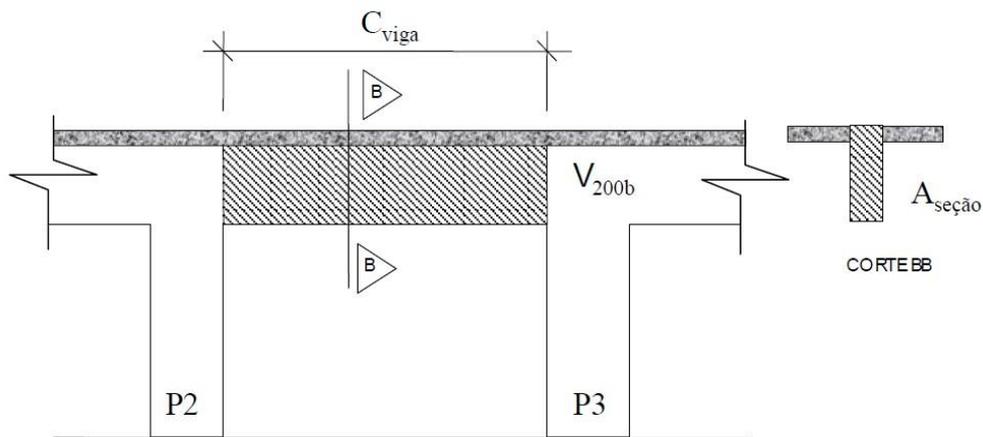
$$V_{CV} = C_{viga} \times A_{seçãoviga} \quad (\text{Equação 2.7})$$

Onde:

C_{viga} = Comprimento da viga (m);

$A_{seçãoviga}$ = Área da seção transversal da viga (m^2).

Figura 2.7 – Dimensões adotadas para o cálculo do volume de viga



(Fonte: Adaptado de Andrade, 1999).

O volume de laje (m^3), V_{CL} , é calculado de acordo com a Equação 2.8 e ilustrado pela Figura 2.8.

$$V_{CL} = (C_L \times L_L - At_{EP}) \times e \quad (\text{Equação 2.8})$$

Onde:

C_L = Comprimento da laje (m);

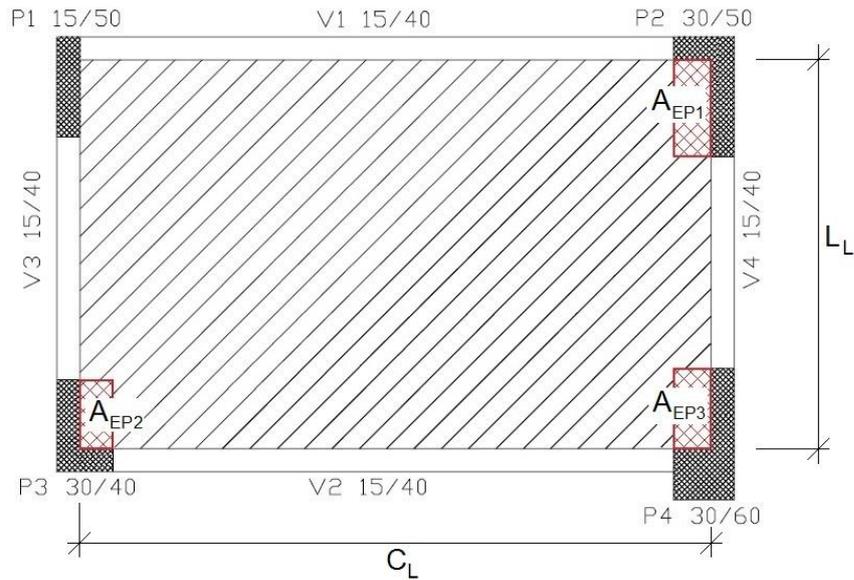
L_L = Largura da laje (m);

e = Espessura da laje (m);

At_{EP}^{**} = Área total dos encontros com pilares (m^2);

$**At_{EP} = A_{EP1} + A_{EP2} + \dots + A_{EPn}$.

Figura 2.8 – Dimensões adotadas para o cálculo do volume de laje



Fonte: Adaptado de Araújo (2000).

Cabe destacar que o volume de concreto usinado destinado à execução de outros serviços (Vol_{serv}), que não seja a concretagem de elementos estruturais, deve ser descartado.

2.5.1.2 Fatores influenciadores

Vários fatores podem ser considerados potenciais influenciadores do consumo do concreto, favorecendo ou minimizando o seu sobreconsumo. Estes fatores podem estar atrelados a situações que vão desde a preparação do local a ser concretado até a sua aplicação no local, incluindo a etapa de recebimento deste material no canteiro. No Quadro 2.2 estão descritos alguns dos fatores que podem influenciar o consumo de concreto, baseados em pesquisa anteriores e literaturas especializadas.

Quadro 2.2 – Fatores que influenciam as perdas de concreto

REFERÊNCIA	POTENCIAIS FATORES INFLUENCIADORES
FREIRE e SOUZA (2000)	<p>Este estudo apresenta os seguintes potenciais minimizadores de perda de concreto:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Comprar o concreto a partir do projeto estrutural – Discutir com a concreteira o fornecimento em múltiplos de 0,5 ou 0,25 m³ – Qualificação da mão de obra – Utilizar o concreto remanescente na bomba e tubulação – Nivelar a superfície da fôrma antes e durante a concretagem

Fonte: Próprio autor (2012).

Quadro 2.2 – Fatores que influenciam as perdas de concreto (continuação)

REFERÊNCIA	POTENCIAIS FATORES INFLUENCIADORES	
FREIRE e SOUZA (2000)	<ul style="list-style-type: none"> – Adequar o recebimento à velocidade de concretagem – Reavaliar com antecedência a quantidade que falta para pedir – Checar a quantidade entregue de concreto – Utilizar equipamentos de transporte em bom estado e respeitar os seus volumes máximos de utilização – Utilizar mestras confiáveis que garantam as espessuras de projeto 	<ul style="list-style-type: none"> – Garantir os escoramentos e travamentos – Evitar concentração de armaduras e outros embutidos que induzem à sobre-espessura – Garantir o desempenho das fôrmas e escoramentos – Utilização de equipamentos precisos para nivelamento superficial do concreto
AGOPYAN et al. (2004)	<ul style="list-style-type: none"> – Qualidade do sistema de formas – Falhas na obediência à geometria da estrutura prevista em projeto – Falta de controle no recebimento de concreto / incompatibilidade em quantidade solicitada e recebida – Sobre-espessura de lajes 	<ul style="list-style-type: none"> – Sobrelargura de vigas – Tipo de equipamento utilizado para o nivelamento de lajes – Equipamento de transporte do concreto dentro do canteiro (bomba, grua ou jericá)
TCPO (2008)	<ul style="list-style-type: none"> – Esbeltez da estrutura – Repetição das porções a serem concretadas – Qualidade das fôrmas – Desgaste das formas – Volume de concreto por concretagem – Controle da quantidade de material que está sendo recebido 	<ul style="list-style-type: none"> – Forma como é realizada de estimativa do volume de concreto a ser solicitado Equipamento de transporte de concreto utilizado no canteiro – Estratégia para solicitação do último caminhão – Uso de equipamentos de referência para nivelamento das lajes

Fonte: Próprio autor (2012).

O estudo realizado por Freire e Souza (2000) busca apresentar uma série de alternativas para minimização dos sobreconsumos de concreto usinado e da mão de obra empregada na concretagem de estruturas. Ao longo do estudo são citadas e descritas 14 alternativas para redução dos desperdícios de concreto. Estes autores relatam, ainda, que uma parte considerável das perdas de concreto é originada nas sobre-espessuras de elementos estruturais e que, dentre os fatores que geram desperdícios de concreto, merecem atenção os problemas decorrentes do recebimento, transporte e sobras de concreto após a conclusão do serviço.

O relatório apresentado por Agopyan et al. (2003) descreve uma pesquisa realizada em doze estados brasileiros, que tem como objetivo quantificar as perdas de vários materiais e componentes e identificar alguns dos fatores que provocam estes desperdícios. Para o concreto usinado, em particular, foram citados sete itens (Quadro 2.2) como potenciais influenciadores de desperdícios.

O TCPO (2008) trata o consumo unitário de materiais de forma variável, levando em conta os fatores que podem aumentar ou diminuir o consumo. Dentro deste contexto, considera-se, por exemplo, que um edifício com estrutura mais esbelta tende a consumir mais concreto por unidade volumétrica do que uma estrutura mais robusta. De forma semelhante, este livro aponta que a revisão da solicitação do último caminhão tende a reduzir o consumo e o desperdício de concreto.

Diante do exposto, é possível verificar que uma parte significativa o desperdício de concreto poderia ser reduzida através das seguintes ações: planejamento para solicitação do concreto de acordo com o projetado; controle quantitativo durante o recebimento; cuidado na escolha do equipamento de transporte, em caso de bomba, prever o uso do concreto restante na tubulação e na bomba; controle geométrico dos elementos estruturais antes e durante a concretagem; e uso de formas de boa qualidade.

2.5.1.3 Valores de referência

No Quadro 2.3 são apresentados resultados em experiências/estudos anteriores relacionados às perdas de concreto usinado na execução da concretagem da estrutura. Cabe ressaltar que cada estudo apresenta suas particularidades, o que revela a necessidade de se comparar os resultados apresentados com critério.

O estudo realizado por Soibelman (1993) apresenta cinco obras localizadas na cidade de Porto Alegre/RS, todas executadas em estrutura reticulada em concreto armado. O levantamento das perdas levam em consideração as parcelas diretas e indiretas e sua mensuração foi baseada na relação entre o volume de concreto adquirido até o final do período de estudo e o que seria teoricamente necessário para execução de uma determinada quantidade de serviço.

Diante dos resultados presentes no Quadro 2.3, verifica-se que os dados desse estudo apresentam dois extremos, o mínimo (-25,00%) pode prejudicar a resistência da estrutura e o máximo (43,75%) resulta em um elevado sobreconsumo do material. Este autor constatou ainda que as principais causas da perda de concreto foram: duplo manuseio do concreto, dificuldade de controle quantitativo, negligência da mão de obra, erro de cubagem, uso de

Quadro 2.3 – Valores de referência de perda/consumo de concreto na execução da concretagem da superestrutura

REFERÊNCIA	RESULTADOS	CARACTERÍSTICAS RELEVANTES
SOIBELMAN (1993)	<p>Perdas globais</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variando de 0,80% (Obra D) a 25,16% (Obra E) - Média de perdas globais: 13,20% - Mediana das perdas globais: 11,77% <p>Perdas em pilares (perda incorporada)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variando de -9,77% (Obra E) a 26,00% (Obra E) - Média de perdas globais: 3,35% <p>Perdas em lajes (perda incorporada)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variando de -25,00% (Obra E) a 43,75% (Obra C) - Média de perdas globais: 3,78% 	<p>05 obras, onde as que tiveram resultados mais relevantes estão caracterizadas abaixo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obra C: edifício residencial com 1215,16 m² de área construída e 05 pavimentos, sendo 01 subsolo, 01 térreo, 02 pavimentos-tipo e 01 cobertura; - Obra D: edifício residencial com 5144,72 m² de área construída e 12 pavimentos, sendo 01 subsolo, 01 térreo, 09 pavimentos-tipo e 01 cobertura; - Obra E: edifício residencial com aproximadamente 2700 m² de área construída e 08 pavimentos, sendo 01 térreo, 06 pavimentos-tipo e 01 cobertura.
AGOPYAN et al. (1998)	<ul style="list-style-type: none"> - Perdas variando entre 2% (BR031) e 23% (BR 023) - Média das perdas: 9% - Mediana das perdas: 9% 	<p>35 obras de características bastante distintas, onde os resultados mais representativos estão caracterizados abaixo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - BR 031: edifício misto (residencial + lojas no térreo) constituído por 04 pavimentos e alvenaria estrutural armada. As lajes são de concreto pré-moldado e o transporte de materiais é feito de forma considerada tradicional; - BR 023: edifício residencial com 12 pavimentos, sendo 09 pavimentos-tipo, 01 garagem, 01 <i>playground</i> e 01 cobertura. Obra construída em regime de incorporação, utilizando fôrmas de madeira fabricadas em obra e escoramento metálico.
RESENDE et al. (1998)	<ul style="list-style-type: none"> - Perdas variando entre 2,5% e 25,13% - Média das perdas: 8,21% - Mediana das perdas: 6,15% 	<p>14 obras, das quais 13 utilizam concreto usinado.</p>

Fonte: Próprio autor (2011).

Quadro 2.3 – Valores de referência de perda/consumo de concreto na execução da concretagem da superestrutura (continuação)

REFERÊNCIA	RESULTADOS	CARACTERÍSTICAS RELEVANTES
BAIOTTO et al. (1999)	<p>Perda = projeto/comprado</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variando de 0,08% (Obra V) a 19,39% (Obra IV) - Média: 7,57%; Mediana: 6,55% <p>Perda = real/comprado</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variando de 1,16% (Obra VIII) a 15,94% (Obra VI) - Média: 5,40%; Mediana: 3,05% <p>Perda = projeto/real</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variando de 0,52% (Obra I) a 8,13% (Obra III) - Média: 3,85%; Mediana: 3,58% 	<ul style="list-style-type: none"> - 11 empresas, das quais 10 utilizam concreto usinado; - Período de coleta: 04 meses.
SPOSTO, OTERO E CAMPOLINA (2001)	<p>Índice de Perdas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variando de 2,80% (Obra 1001) a 17,00% (Obra 401) - Média: 10,18% - Mediana: 10,30% <p>Percentual de Perdas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variando de 2,80% (Obra 1001) a 14,50% (Obra 401) - Média: 8,98% - Mediana: 9,30% 	<p>Pesquisa realizada em 10 edificações, sendo 09 residenciais que possuem entre 03 e 12 pavimentos-tipos e 01 ampliação de loja comercial. Em processo de mudanças, a maioria das empresas estava em busca da melhoria de seus processos.</p>
PALIARI et al. (2002)	<ul style="list-style-type: none"> - Perdas variando entre -2% (SA 07) e 33% (SA 02) - Mediana das perdas: 8% 	<p>Pesquisa realizada em 06 canteiros de obras de características distintas, onde os resultados mais relevantes estão caracterizados abaixo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SA 07: trata-se da execução da fundação; - SA 02: trata-se da execução da superestrutura de um edifício de 03 pavimentos moldado <i>in loco</i>.
AL-MOGHANY (2006)	<ul style="list-style-type: none"> - Perdas variam entre 2% e 10% - Média das perdas: 5,4% - Mediana das perdas: 5% 	<p>Pesquisa realizada em 80 empresas.</p>
TCPO (2008)	<ul style="list-style-type: none"> - Perdas variam entre 1% e 33% - Mediana das perdas: 8% - Perda considerada para orçamento: 5% 	<ul style="list-style-type: none"> - Produtividade no uso dos materiais (Consumo unitário de concreto)

Fonte: Próprio autor (2011).

equipamento de transporte interno inadequado, *layout* do canteiro desfavorável e sobre-espessura da laje.

Agopyan et al. (1998) relata o estudo nacional realizado em 48 obras, onde 35 destas forneceram dados relativos às perdas de concreto usinado. O levantamento das perdas considera a relação o volume de concreto recebido em obra e a quantidade de serviço executada durante o período de estudo. Estes autores apresentam possíveis causadores do aumento das perdas, quais sejam: variação dimensional das peças estruturais devido à má qualidade das fôrmas, ausência de controle no recebimento e programação para o uso das sobras do concreto, falhas durante a aplicação e diferenças entre o volume solicitado e recebido, entre outros.

Resende et al. (1998) apresentam um estudo realizado em alguns estados da região nordeste do Brasil, seguindo a conceituação metodológica adotada por Agopyan et al. (1998), ou seja, perda é relação entre a quantidade de serviço efetivamente realizada e a quantidade teoricamente necessária. Análises feitas por estes autores indicam que o valor alcançado pela mediana (6,15%), relativamente baixo, está ligado à baixa variabilidade geométrica das lajes (sobre-espessura $< 5\%$) e que os maiores índices de perda estão atrelados às sobrelarguras das vigas ($> 2,5\%$) e a má qualidade das fôrmas.

Baiotto et al. (1999) abordam as perdas de três diferentes formas: 1) relação entre o volume de projeto e o volume adquirido; 2) relação entre o volume realmente utilizado e o adquirido e; 3) relação entre o volume de projeto e o realmente utilizado. Para estes autores as perdas de concreto originaram-se do superdimensionamento das quantidades solicitadas e da execução de elementos estruturais maiores que especificados em projeto.

A pesquisa relatada por Sposto, Otero e Campolina (2001) trata de um projeto piloto realizado em Brasília/DF. As perdas foram levantadas sob duas perspectivas, uma delas propõe a estimativa da perda como a relação entre o montante de perdas e a quantidade de serviço teoricamente necessária e a outra aborda a perda como a relação entre este montante e a quantidade de serviço utilizada em obra. Diante do que foi verificado nas obras, sugerem-se algumas ações de melhoria, como: revisão e compatibilização de projetos, treinamento da mão de obra para execução dos serviços, analisar previamente os fornecedores e utilizar equipamentos adequado para o transporte interno de materiais.

Paliari et al. (2002) descrevem o estudo realizado em obras de Santo André/SP, abordando a infra e a superestrutura de edifícios. As perdas são calculadas conforme metodologia proposta por Agopyan et al. (1998) e a análise dos resultados permitiu identificar que ações como conferir a geometria das fôrmas antes da concretagem, solicitar o concreto com base na cubagem correta da estrutura e prever a utilização das sobras do concreto, podem ser fundamentais para redução das perdas.

Al-Moghany (2006) relata pesquisa desenvolvida na Faixa de Gaza, onde os dados coletados foram obtidos através da aplicação de questionários. Cabe ressaltar que autor classificou nove causas para o desperdício de concreto que, em ordem decrescente, são: desempenho insatisfatório (retrabalho), pedido de provisão adicional de concreto, fornecimento de material inferior à quantidade paga, uso inadequado de vibração, dimensões excessivas da estrutura, falhas na montagem das fôrmas, uso de ferramentas e equipamentos inadequados, longas distâncias entre locais de mistura e de moldagem e ausência de acessos apropriados.

O TCPO (2008) aborda o consumo unitário de materiais de forma variável, levando em consideração os fatores que levam a um maior ou menor consumo. Para o uso de concreto estrutural, este livro aponta os seguintes fatores influenciadores: esbeltez da estrutura, repetição das partes a concretar, qualidade das fôrmas, estimativa volume de concreto solicitado, tipo de equipamento de transporte e de referência para nivelamento da laje, uso do retorno da bomba, entre outros.

Diante dos resultados apresentados, foi possível verificar que o menor índice de perdas foi o apresentado pela Obra E do estudo descrito por Soibelman (1993). No entanto, como já foi discutido, este resultado pode interferir na qualidade do produto final reduzindo a resistência da estrutura. Por isso, deve-se atentar para necessidade de racionalização do serviço, ou seja, produzir com qualidade, reduzindo o custo e consumo de materiais de forma consciente.

2.5.2 Alvenaria de vedação

A alvenaria é um elemento construído por conformação *in loco* através da união entre tijolos/blocos por juntas de argamassa, formando um conjunto rígido e coeso que proporciona a divisão de ambientes internos e cobertura periférica de um edifício, defini-la como alvenaria

de vedação implica simplesmente em não obter em si característica estrutural (SABBATINI, 2001).

Pinho (2011) apresenta valores de 18,6 % para perda de tijolos cerâmicos e 225,8% para perda de argamassa industrializada, tomando como base o consumo de referência estabelecido pelo fornecedor da argamassa (10 kg/m²). Dentro deste contexto, esta autora verificou que o custo das perdas de blocos/tijolos e argamassa de assentamento da alvenaria de vedação pode alcançar até 0,89% do custo de total da obra. O que ressalta a importância do estudo das perdas deste subsistema. Cabe destacar que o levantamento de dados do estudo em questão restringe-se a fase de elevação da alvenaria de vedação com blocos e/ou tijolos, sendo calculado o consumo unitário e a perda de materiais para blocos/tijolos e argamassa de assentamento.

2.5.2.1 Como medir a perda e o consumo

Neste trabalho, o estudo da perda e do consumo de materiais e componentes da alvenaria de vedação tem como foco a perda de blocos/tijolos, bem como o consumo unitário e a perda da argamassa industrializada para assentamento de blocos/tijolos, conforme descrito nos itens seguintes.

2.5.2.1.1 Perda de blocos/tijolos

A perda de blocos/tijolos pode ser calculada conforme o método amostral sugerido por Souza (2005), que segue as etapas descritas abaixo.

1. No início do período de coleta é realizada a marcação de 500 blocos ou tijolos inteiros com um “X” em suas duas maiores faces, mantendo-se o cuidado de estender o “X” até as extremidades de cada face, para que possa ser registrado, inclusive, o uso de blocos quebrados.
2. Ao final do período de coleta, registrar a quantidade de blocos/tijolos marcados ainda remanescentes em estoque e quantidade de blocos/tijolos marcados assentados nas paredes.
3. O percentual de perdas é obtido pela Equação 2.9, conforme apresentado a seguir:

$$IP_{bloco}(\%) = \{[(500 - N_1) - N_2] \div (500 - N_1)\} \times 100 \quad (\text{Equação 2.9})$$

Onde:

$IP_{bloco}(\%)$ = Índice de perdas de blocos/tijolos;

N_1 = blocos/tijolos marcados restantes no estoque;

N_2 = blocos/tijolos marcados assentados nas paredes.

2.5.2.1.2 Consumo unitário e perda de argamassa industrializada

Para cálculo do consumo unitário e da perda argamassa industrializada para assentamento da alvenaria, segundo Souza (2005) é necessário seguir as etapas descritas nos subitens de (a) a (c) deste item.

a) Consumo real

A metodologia de coleta contempla o controle de estoque para verificação da quantidade de argamassa utilizada durante o período de coleta adotado, de acordo com as seguintes etapas:

1. No início do período de coleta, é necessário contabilizar o estoque de argamassa através da verificação da quantidade de sacos (verificação inicial).
2. No fim do período de coleta, o estoque de sacos de argamassa deve ser contabilizado novamente (verificação final).
3. Verificar a quantidade de sacos de argamassa recebida, retirada para outros serviços ou destinada para outras obras durante o período de coleta.
4. A quantidade de argamassa utilizada (consumo real) durante o período de coleta é obtida pela Equação 2.10.

$$C_{real} = [EST(VI) - EST(VF) \pm FORN] \times P \quad (\text{Equação 2.10})$$

Onde:

C_{real} = Consumo real, que é dado pela quantidade total de argamassa utilizada (kg);

$EST(VI)$ = Quantidade de sacos presentes em estoque na verificação inicial;

$EST(VF)$ = Quantidade de sacos presentes em estoque na verificação final;

$FORN$ = Quantidade de sacos recebidos ou retirados do estoque entre VI e VF;

P = Peso do saco de argamassa (kg).

b) Consumo unitário de material - Real

A partir dos dados de consumo real e quantidade de serviço executado, calcula-se o consumo unitário de material para um determinado período de estudo, conforme a Equação 2.11.

$$CUM_r = \frac{C_{real}}{QS_t} \quad (\text{Equação 2.11})$$

Onde:

CUM_r = Consumo Unitário Real (kg/m²);

C_{real} = Consumo real (kg);

QS_t = Quantidade de serviço total (m²).

c) Índice de perdas

O índice de perdas de argamassa industrializada é dado a partir da Equação 2.12.

$$IP_{Alalv} = \frac{(C_{real} - C_{teórico})}{C_{teórico}} \times 100 \quad (\text{Equação 2.12})$$

Onde:

IP_{Alalv} = Índice de Perdas de argamassa industrializada (alvenaria de vedação)

C_{real} = Consumo real (kg)

$C_{teórico}$ = Consumo teórico (kg)

Cabe destacar que o consumo teórico é o produto entre o consumo de referência e a quantidade de serviço executado durante um período de estudo, conforme a Equação 2.13.

$$C_{teórico} = C_{ref} \times QS_t \quad (\text{Equação 2.13})$$

Onde:

$C_{teórico}$ = Consumo teórico (kg);

C_{ref} = Consumo de referência¹ (kg/m²);

QS_t = Quantidade de serviço total (m²).

¹ Dado fornecido pelo fabricante.

2.5.2.2 Fatores influenciadores

A alvenaria de vedação tem como principais componentes os blocos/tijolos e argamassa para assentamento destes. No Quadro 2.4 estão citados os fatores que podem levar a geração destes componentes. No entanto, a elaboração deste quadro embasou-se em pesquisas anteriores e bibliografias especializadas.

Quadro 2.4 – Fatores que influenciam as perdas de blocos/tijolos e argamassa de assentamento

REFERÊNCIA	POTENCIAIS FATORES INFLUENCIADORES	
PALIARI (1999)	<p>Este estudo apresenta fatores que podem influenciar as perdas de blocos/tijolos e argamassa de assentamento da alvenaria, conforme descrito a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Deficiência na qualidade do material – Más condições de transporte externo dos materiais – Acondicionamento inadequado dos materiais nos equipamentos de transporte – Manuseio incorreto de materiais durante o recebimento – Diferença entre a massa real e a nominal (saco de argamassa) – Variações dimensionais de bloco e tijolos acima da aceitável – Quebra de tijolos e blocos ao longo do transporte externo – Ação da umidade no local do estoque da argamassa – Altura excessiva das pilhas dos sacos de argamassa, provocando a hidratação precoce – Utilizar a argamassa dentro do prazo de validade – Uso dos sacos mais antigos antes dos mais recentes – Instabilidade das pilhas de blocos ou tijolos devido à altura excessiva – Estocagem dos blocos/tijolos em locais inclinados – Estocagem dos blocos/tijolos fora do canteiro, facilitando roubo e vandalismo – Estocagem de materiais próxima ao equipamento de transporte vertical – Estocagem de blocos de concreto em locais cobertos – Sobre-espessura e sobrelargura das juntas horizontais e verticais da alvenaria – Reutilização da argamassa que cai no chão – Tipo de ferramenta utilizada para assentamento da argamassa – Uso de componentes flexíveis quanto à modulação – Incompatibilidade das dimensões dos blocos/tijolos com relação aos vãos da estrutura – Corte de blocos/tijolos – Uso de projeto específico para alvenaria – Previsão e disponibilização dos componentes necessários para execução da alvenaria – Coordenação de projetos – Paginação da alvenaria 	
TCPO (2008)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Para blocos/tijolos: <ul style="list-style-type: none"> – Espessura dos blocos/tijolos – Uso de peças complementares para acerto de modulação – Tamanho das paredes – Qualidade dos blocos/tijolos – Tipo de fornecimento de blocos ou tijolos (paletizados ou a granel) – Envio do número correto de blocos ou tijolos para as frentes de trabalho – Projeto de alvenaria ➤ Para argamassa industrializada: <ul style="list-style-type: none"> – Tamanho dos componentes da alvenaria – Percentagem de juntas verticais preenchidas – Ferramenta para assentamento da argamassa – Existência de procedimento para mistura na argamassa – Equipamento de transporte de argamassa 	

Quadro 2.4 – Fatores que influenciam as perdas de blocos/tijolos e argamassa de assentamento (continuação)

REFERÊNCIA	POTENCIAIS FATORES INFLUENCIADORES	
TCPO (2008) continuação	➤ Para blocos/tijolos: – Em caso de necessidade de cortes, uso de equipamentos e técnicas adequadas para o corte de componentes na alvenaria – Controle a qualidade e quantidade no recebimento – Existência de procedimento de execução do serviço – Adoção de componentes de alvenaria para enchimentos	➤ Para argamassa industrializada: – Comprimento das paredes – Projeto de alvenaria definido e concluído – Uso de componentes complementares para acerto da alvenaria – Tipo dos tijolos (furos na horizontal ou na vertical)
PINHO (2010)	– Projeto específico para alvenaria – Paginação da alvenaria – Deficiência no manuseio dos blocos/tijolos durante o recebimento – Tipo de equipamento para transporte interno de materiais e componentes – Tipo de blocos/tijolos – Forma como os blocos/tijolos são fornecidos – Uso da família de submódulos	– Local e forma de armazenamento dos blocos/tijolos – Uso de ferramenta ou equipamento adequado para o corte de blocos/tijolos, caso necessário – Presença de estoque intermediário – Forma e ferramenta para aplicação da argamassa – Preenchimento de juntas verticais – Embutimento de instalações

Fonte: Próprio autor (2012)

A pesquisa realizada por Paliari (1999) buscou elaborar uma metodologia padronizada para a coleta e análise de informações sobre consumo e perdas de materiais e componentes em canteiro de obras. Para tanto, este autor identifica uma série de práticas que levam ao desperdício de diversos materiais. Para alvenaria, especificamente, são abordadas perdas de tijolos, blocos e argamassa de assentamento e os vários fatores influenciadores (Quadro 2.4) são abordados basicamente em quatro etapas: recebimento, transporte, estocagem e aplicação.

O TCPO (2008) apresenta a variação do consumo unitário de materiais como resultado da influência de fatores que levam ao maior ou menor consumo. Para alvenaria de vedação, este livro trata, separadamente, sobre os consumos de tijolos/blocos e argamassa para assentamento. Dentre dos fatores citados, percebe-se que o planejamento pode ser um fator decisivo para a minimização das perdas, a partir de ações como: o uso de componentes complementares para acerto da modulação, a utilização de ferramentas e equipamentos racionais para execução de cortes, assentamento ou transporte da argamassa, a adoção de materiais/componentes de boa qualidade, o uso de *pallets* para fornecimento dos blocos/tijolos e a utilização projeto específico para alvenaria.

A pesquisa desenvolvida por Pinho (2010) buscou realizar uma análise comparativa entre os processos construtivos, tradicional e racionalizado, através da avaliação das perdas de blocos/tijolos e argamassa de assentamento e da produtividade da elevação da alvenaria, procurando identificar as principais causas das perdas e atestar os benefícios resultantes das práticas de racionalização construtiva. Os potenciais fatores que influenciaram as perdas foram apresentados no Quadro 2.4 e alguns dos benefícios encontrados pela adoção de práticas racionais na alvenaria de vedação foram: o melhor desempenho do produto final, redução da geração de resíduos, melhor organização e limpeza do canteiro, diminuição da quantidade de patologias e menores espessuras nos revestimentos.

Diante deste contexto, constata-se que são inúmeros os fatores que podem contribuir para o desperdício de blocos/tijolos e argamassa de assentamento para alvenaria de vedação. No entanto, uma boa parte das perdas pode ser minimizada através de ações como: uso de projeto de alvenaria adequado à realidade da obra, uso de ferramentas e equipamentos racionais, controle no recebimento, estocagem correta dos materiais e componentes (local, empilhamento, etc.), atenção ao manusear e transportar os materiais, utilizar *pallets* para o transporte dos blocos/tijolos solicitar materiais e componentes de boa qualidade e uso da família de submódulos de blocos, evitando a quebra.

2.5.2.3 Valores de referência

No Quadro 2.5 são apresentados resultados em experiências/estudos anteriores relacionados ao consumo e perdas de blocos/tijolos e argamassa de assentamento da alvenaria de vedação.

Siqueira (2006) e Souza (2007) descrevem uma pesquisa realizada em seis obras da cidade de Recife/PE. O levantamento do índice de perdas foi baseado na metodologia proposta por Souza (2005), onde o cálculo é realizado amostralmente e é obtido pela relação percentual entre quantidade de tijolos perdida e a quantidade de tijolos utilizada. Siqueira (2006) pontua o transporte interno inadequado, sem a utilização de *pallets*, e a quebra de tijolos para uso como meio-tijolo como possíveis fatores geradores de perdas.

Quadro 2.5 – Valores de referência de perda/consumo de blocos/tijolos e argamassa na elevação da alvenaria de vedação

REFERÊNCIA	RESULTADOS	CARACTERÍSTICAS RELEVANTES
SOIBELMAN (1993)	<p>Perda de tijolos furados</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variando de 8,2% (Obra B) a 39,90% (Obra A) - Média: 27,64%; Mediana: 31,23% <p>Perda de argamassa de assentamento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Consumo de referência do estudo: 1,5 cm (espessura da junta horizontal) - Espessura da junta horizontal variando entre 0,6 cm (Obra A) e 4,0 cm (Obra E) com média de 2,09 cm - Perda devido à sobre-espessura de juntas horizontais variando entre -60% (Obra A) e 166,67% (Obra E) com média de 39,33% 	<p>04 obras, onde as que tiveram resultados mais representativos estão caracterizadas abaixo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obra A: edifício residencial com 2997,11 m² de área construída e 11 pavimentos, sendo 02 subsolos, 01 térreo, 07 pavimentos-tipo e 01 cobertura; - Obra B: edifício comercial com 6474,46 m² de área construída e 10 pavimentos, sendo 01 subsolo, 01 térreo, 01 intermediário, 06 pavimentos-tipo e 01 cobertura; - Obra E: edifício residencial com aproximadamente 2700 m² de área construída e 08 pavimentos, sendo 01 térreo, 06 pavimentos-tipo e 01 cobertura.
AGOPYAN et al. (1998)	<p>Perda de tijolos furados</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perdas variando entre 3% (BR070) e 49% (BR 080) - Média das perdas: 17% - Mediana das perdas: 13% <p>Perda de argamassa de assentamento (industrializada)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perdas variando entre 26% (BR047) e 205% (BR 78) - Média das perdas: 115,5% - Mediana das perdas: 115,5% 	<p>37 obras de características bastante distintas, onde os resultados mais relevantes estão descritos abaixo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - BR 070: edifício residencial constituído por 21 pavimentos. Estrutura de concreto armado e alvenaria composta por blocos de concreto. - BR 080: edifício misto (residencial + comercial) com 10 pavimentos. A estrutura é de concreto armado moldado <i>in loco</i> e a alvenaria é composta por tijolos furados e blocos maciços. - BR 047: edifício residencial constituído por 18 pavimentos. Estrutura de concreto armado moldada <i>in loco</i> e alvenaria de blocos de concreto. - BR 078: edifício residencial constituído por 22 pavimentos. Estrutura de concreto armado moldada <i>in loco</i> e alvenaria de blocos cerâmicos.
AL-MOGHANY (2006)	<ul style="list-style-type: none"> - Perdas de blocos/tijolos variam entre 1% e 20% - Média das perdas de blocos/tijolos: 5,4% - Mediana das perdas de blocos/tijolos: 5% 	<p>Pesquisa realizada em 80 empresas.</p>
SIQUEIRA (2006) / SOUZA (2007)	<p>Perda de tijolos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perdas variando entre 0,8% (Obra 3) e 25,8% (Obra 1) - Média das perdas: 12,7% 	<p>Pesquisa realizada sobre perda de tijolos de vedação em 06 obras. Algumas das características da alvenaria, presente nas obras consideradas mais relevantes, estão dispostas a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obra 1: não possui projeto de paginação da alvenaria de vedação, utiliza paleta para a aplicação da argamassa de assentamento, fornecimento de tijolos em <i>pallets</i> e transporte vertical por guincho.

Fonte: Próprio autor (2011).

Quadro 2.5 – Valores de referência de perda/consumo de blocos/tijolos e argamassa na elevação da alvenaria de vedação (continuação)

REFERÊNCIA	RESULTADOS	CARACTERÍSTICAS RELEVANTES
SIQUEIRA (2006) / SOUZA (2007) (continuação)	Perda de tijolos - Perdas variando entre 0,8% (Obra 3) e 25,8% (Obra 1) - Média das perdas: 12,7%	- Obra 3: não possui projeto de paginação da alvenaria de vedação, utiliza paleta para a aplicação da argamassa de assentamento, fornecimento de tijolos a granel e transporte vertical por guincho.
TCPO (2008)	Perda de tijolo cerâmico furado - Perdas variando entre 3% e 25%; mediana: 11% - Perda considerada para orçamento: 5% Perda de blocos para alvenaria de vedação - Perdas variando entre 1% e 15%; mediana: 8% - Perda considerada para orçamento: 3% Consumo de argamassa para alvenaria de tijolos - Consumo unitário variando entre 5,3 e 43,5 l/m ² - Mediana do consumo: 13,8 l/m ² - Perda considerada para orçamento: 20% Consumo de argamassa para alvenaria de blocos - Consumo unitário variando entre 5,3 e 37,0 l/m ² - Mediana do consumo: 14,7 l/m ² - Perda considerada para orçamento: 20%	- Produtividade no uso dos materiais (Consumo unitário de blocos, tijolos furados e argamassa industrializada).
LORDSLEEM JR. (2009)	Perda de blocos de concreto - Perdas variando entre 0,0% e 9,4% - Média: 3,0%; Mediana: 2,0% Perda de argamassa de assentamento (industrializada) - Perdas variando entre -2,4% e 35,4% - Média: 10,3%; Mediana: 6,2%	- Alvenaria de vedação com bloco de concreto 9x19x39 cm; - Junta vertical preenchida; - Edifício com 09 pavimentos, sendo 01 semienterrado, 01 térreo e 07 pavimentos-tipo.
PINHO (2010)	Perda de blocos/tijolos - Perdas variando entre 2,8% (Obra B) e 18,6% (Obra A) - Média: 8,84%; Mediana: 7,0% Consumo de argamassa (industrializada) - Consumo variando de 19,78 (Obra B) a 32,58 kg/m ² (Obra A); média: 25,96 kg/m ² ; mediana: 25,52 kg/m ² Perda de argamassa de assentamento (industrializada) - Perdas variando entre 9,91% (Obra B) e 393,53% (Obra A); média: 148,39%; mediana: 41,73%	04 obras de características distintas, onde as que tiveram resultados mais representativos estão caracterizadas abaixo: - Obra A: edifício residencial com 22 pavimentos. Estrutura de concreto armado moldada <i>in loco</i> e alvenaria de tijolos cerâmicos; - Obra B: edifício residencial com 09 pavimentos. Estrutura de concreto armado moldada <i>in loco</i> e alvenaria de blocos de concreto.

Fonte: Próprio autor (2011).

Conforme citado no item 2.5.1.3, Al-Moghany (2006) relata pesquisa desenvolvida na Faixa de Gaza. Este autor classificou seis causas para o desperdício de blocos, quais sejam (ordem decrescente): defeitos de fabricação, ausência do uso de submódulos de blocos, cortes excessivos dos blocos, danos causados durante o processo de corte, perda dos blocos deixados no local de execução e desperdício durante operação de descarga e transporte.

O TCPO (2008) trata o consumo unitário de materiais de forma variável, considerando uma faixa de variação de consumo que se baseia em fatores influenciadores dos resultados extremos. Para o uso de blocos/tijolos e argamassa industrializada, este livro aponta fatores causadores de sobreconsumo, a seguir estão citados alguns deles: ausência de projeto e de controle no recebimento dos componentes, acerto de modulação realizado através do corte de blocos/tijolos ou do preenchimento com argamassa, blocos/tijolos de má qualidade e não paletizados, equipamento inadequado para aplicação da argamassa, entre outros.

Na obra apresentada por Lordsleem Jr. (2009) foram realizados nove ciclos de coletas (semanais). O levantamento das perdas de blocos foi baseado no método amostral proposto por Souza (2005) e a perda de argamassa foi obtida pela razão entre a quantidade de argamassa consumida e a quantidade teoricamente necessária. Os resultados foram considerados satisfatórios e podem ser atribuídos ao uso do projeto de alvenaria, ao treinamento da equipe e ao rígido controle do serviço através de indicadores.

Pinho (2010) relata o estudo realizado em quatro obras da cidade de Recife/PE, o cálculo da perda de blocos/tijolos e do consumo de argamassa industrializada segue os mesmos métodos adotados por Lordsleem Jr. (2009). Diante dos resultados apresentados por esta pesquisa, puderam-se constatar alguns fatores potencialmente geradores de perdas, quais sejam: o tipo de fornecimento dos blocos/tijolos, a utilização do projeto de alvenaria, o tipo e as dimensões dos blocos/tijolos, o uso de submódulos, os equipamentos de transporte interno e aplicação da argamassa, a presença de estoque intermediário, entre outros.

A análise comparativa dos dados apresentados no Quadro 2.5 permitiu verificar que o menor índice de perda de blocos/tijolos foi obtido pela obra descrita por Lordsleem Jr. (2009), onde foi alcançada a perda nula. Com relação à argamassa para assentamento, a comparação entre resultados foi dificultada, uma vez que os estudos apresentam resultados em unidades diferentes. Cabe ressaltar que esta dificuldade, também, incide no fato de que algumas

pesquisas apontam os dados apenas de perdas, enquanto outras abordam apenas o consumo unitário da argamassa.

2.5.3 Revestimento de emboço de fachada

Como componente da envoltória do edifício, o revestimento de emboço de fachada tem uma estreita relação com os mais diversos subsistemas da edificação, como, por exemplo, estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação, que também são objetos de estudo neste trabalho. Além disso, o emboço possui funções que o tornam de vital importância para o edifício, não só esteticamente, mais também com relação ao desempenho deste. Mais que regularizar a fachada, o emboço veda e protege o edifício, inibindo a penetração de agentes agressivos.

Pesquisa realizada por Paliari, Souza e Andrade (2001) aponta que as perdas devido à sobre-espessura dos revestimentos chegam a 200% e que esta, geralmente, é mais acentuada para os revestimentos de fachada do que para os de paredes internas. O que demonstra a importância do estudo das perdas de argamassa de revestimento de emboço de fachada.

2.5.3.1 Como medir a perda e o consumo

As perdas e o consumo unitário referentes à argamassa de emboço no serviço de revestimento diferem do cálculo da argamassa de assentamento da alvenaria apenas pelo local de aplicação. São mantidos todos os padrões de levantamentos de estoque e quantidade de serviço. Desta forma, as expressões apresentadas no item 2.5.2.1 são perfeitamente aplicáveis ao revestimento de emboço de fachada.

2.5.3.2 Fatores influenciadores

A execução do revestimento externo apresenta fatores que são potencialmente influenciadores do consumo de argamassa e vários delas são intrínsecas ao processo construtivo em si. Alguns dos principais fatores que levam ao desperdício deste componente encontram-se no Quadro 2.6, que foi baseado literaturas especializadas.

Quadro 2.6 – Fatores que influenciam as perdas de argamassa de revestimento de emboço externo

REFERÊNCIA	POTENCIAIS FATORES INFLUENCIADORES	
PALIARI (1999)	<ul style="list-style-type: none"> – Deficiência na qualidade do material – Más condições de transporte externo dos materiais – Acondicionamento inadequado dos materiais nos equipamentos de transporte – Manuseio incorreto de materiais durante o recebimento – Diferença entre a massa real e a nominal (saco de argamassa) – Ação da umidade no local do estoque da argamassa – Utilizar a argamassa dentro do prazo de validade 	<ul style="list-style-type: none"> – Altura excessiva das pilhas dos sacos de argamassa, provocando a hidratação precoce – Uso dos sacos mais antigos antes dos mais recentes – Estocagem de materiais próxima ao equipamento de transporte vertical – Desaprumo das alvenarias e estrutura (sobre-espessura do emboço) – Falta de coordenação de projetos – Incompatibilidade entre a largura dos componentes de vedação e a posição dos contramarcos das aberturas (sobre-espessura do emboço)
COSTA (2005)	<ul style="list-style-type: none"> – Adoção da prática de estocagem tipo PEPS (o primeiro saco a entrar é o primeiro a sair) – Uso de equipamento para acondicionamento da argamassa pronta no local de aplicação – Existência do procedimento de controle, estoque e execução – Uso de sistema de solicitação de argamassa para evitar sobras no local de aplicação – Aplicação da argamassa e sarrafeamento (geradores de entulho) – Uso de estoque secundário – Falta de controle na quantidade de água adicionada a argamassa – Transferência da argamassa até a masseira presente no andaime – Ausência de controle com relação aos procedimentos de execução 	<ul style="list-style-type: none"> – Forma de abastecimento de argamassa nos andaimes – Uso de equipamento adequado para transporte horizontal da argamassa – Projeto específico de revestimento – <i>Layout</i> do canteiro, localização dos materiais próximos ao local de transporte e confecção da argamassa – Estocagem dos materiais em local protegidos contra intempéries – Controle geométrico da estrutura – Uso de <i>pallets</i> e grua para transporte dos materiais até o local de estocagem definitiva – Reaproveitamento da argamassa proveniente do sarrafeamento – Uso de ferramentas específicas para a execução do serviço – Treinamento da mão de obra – Controle na produção da argamassa
TCPO (2008)	<ul style="list-style-type: none"> – Altura dos prédios – Continuidade da fachada – Tamanho da área a ser revestida por pedreiro por dia – Equipamento de transporte e vias adequados 	<ul style="list-style-type: none"> – Reaproveitamento da argamassa da que cai durante a aplicação – Calçamento ao redor da fachada a revestir – Parar de revestir apenas quando a argamassa acabar

Fonte: Próprio autor (2012).

Conforme descrito no item 2.5.2.2, Paliari (1999) buscou identificar, em uma das etapas de sua pesquisa, as perdas e quais as suas origens. Este autor cita possíveis causas para o desperdício aplicáveis as argamassas, como perdas provenientes de deficiência na estocagem, no manuseio dos sacos e no controle do recebimento, no entanto, comenta que a sobre-espessura do revestimento tem sido apontada como fonte de parte significativa das perdas de argamassa.

O estudo relatado por Costa (2005) tem como objetivo identificar as causas do baixo desempenho de revestimento de fachada de argamassa e propor diretrizes para melhoria deste processo. Para cumprimento deste objetivo, foram detectadas, ao longo da pesquisa, várias causas que poderiam ser geradoras das perdas de materiais. Esta autora divide as perdas de argamassa em perdas devido à sobre-espessura da camada do revestimento e perdas provenientes do transporte, manuseio da argamassa e reguamento.

Diante do monitoramento realizado, Costa (2005) concluiu que as perdas devido à sobre-espessura do revestimento eram inferiores as perdas decorrentes do transporte, manuseio da argamassa e reguamento. Cabe ressaltar que a falta de controle geométrico da estrutura e a incompatibilidade entre a largura das vigas e pilares e a largura das alvenarias foram apontadas como as principais origens das perdas por sobre-espessura.

O TCPO (2008) cita fatores podem ser reduzir ou aumentar os desperdícios de argamassa para revestimento básico de fachada. No entanto, através da avaliação dos fatores abordados por este livro, verifica-se que práticas como o controle geométrico da estrutura, o planejamento de ações que facilitem o transporte, a política de reaproveitamento e a conscientização da equipe podem ser fundamentais para a minimização dos desperdícios.

Diante do exposto, é possível verificar que uma fração considerável das perdas pode ser reduzida através de ações como: treinamento e conscientização da equipe; adoção de práticas racionalizadas para o transporte, manuseio e acondicionamento de materiais; reutilização da argamassa; planejamento do serviço; análise da quantidade de argamassa necessária para execução do serviço; controle geométrico da estrutura e alinhamento com a alvenaria de periferia; uso de projeto específico para produção do revestimento; e uso de procedimento para controle, estocagem e execução do revestimento de fachada.

2.5.3.3 Valores de referência

Os dados apresentados através do Quadro 2.7 são resultantes de experiências/estudos anteriores referentes a perdas e/ou consumo unitário de argamassa para revestimento de

argamassa de fachada. Apesar de apresentarem focos semelhantes, devem-se analisar criticamente os resultados buscando entender as peculiaridades inerentes a cada estudo.

Para este serviço em particular, Soibelman (1993) relata os dados apresentados por três obras que utilizam argamassa preparada *in loco*, onde foram verificados alguns dos possíveis causadores de sobreconsumo de materiais, quais sejam: sobre-espessura do revestimento, ausência da coordenação de projetos, falta de controle na dosagem dos materiais, não realização prévia do preparo das superfícies a serem revestidas, diferenças dimensionais entre os tijolos e a largura dos marcos, sobra de argamassa ao final do serviço, e uso de argamassa de emboço para ajustes dos desaprumos e irregularidades da estrutura de concreto.

O estudo realizado por Agopyan et al. (1998) segue os parâmetros já descritos no itens 2.5.1.3 e 2.5.2.3. Cabe ressaltar que estes autores citam algumas das causas que influenciaram os resultados, tais como: sobre-espessura do revestimento, cubagem de material pouco precisa, excessos de manuseios dos materiais, grandes distâncias entre equipamento (betoneira e guincho) e queda de argamassa na bandeja durante a execução do serviço, inviabilizando a sua reutilização.

Paliari, Souza e Andrade (2001) apresentam uma pesquisa resultante de 35 observações em obra relativas à execução do revestimento externo. Para levantamento do consumo unitário de argamassa é realizado coleta do volume de argamassa consumida no período de estudo, bem como a quantidade de serviço executada e o volume de entulho gerado. Diante dos resultados alcançados por esta pesquisa, pôde-se verificar que, nas obras onde não havia reaproveitamento da argamassa que caía durante a execução do serviço, o desperdício representado pela sobre-espessura do revestimento chega a 44%, enquanto o entulho gerado representa 56% das perdas.

Costa (2005) descreve o acompanhamento da execução do revestimento de fachada realizado em oito empresas construtoras da cidade de Porto Alegre/RS, onde o índice de perdas apresentado é obtido pela relação entre a quantidade de argamassa consumida e a realmente necessária à execução do serviço. Ao longo do estudo, esta autora levanta algumas das possíveis causas das perdas de argamassa, como: sobre-espessura do revestimento, a não adoção de projeto específico de fachada, o armazenamento inadequado de materiais, dificuldade no transporte interno e ausência de um procedimento de execução.

Quadro 2.7 – Valores de referência de perda/consumo de argamassa no revestimento de emboço de fachada

REFERÊNCIA	RESULTADOS	CARACTERÍSTICAS RELEVANTES
SOIBELMAN (1993)	<p>Perda de argamassa de revestimento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Consumo de referência do estudo: 2,0 cm (espessura do emboço externo) - Espessura do revestimento variando entre 1,79 cm (Obra C) e 6,5 cm (Obra A) com média de 3,53 cm - Perda variando entre -10,5% (Obra C) e 225% (Obra A) com média de 76,5% 	<p>03 obras, onde as que tiveram resultados mais representativos estão caracterizadas abaixo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obra A: edifício residencial com 2997,11 m² de área construída e 11 pavimentos, sendo 02 subsolos, 01 térreo, 07 pavimentos-tipo e 01 cobertura; - Obra C: edifício residencial com 1215,16 m² de área construída e 05 pavimentos, sendo 01 subsolo, 01 térreo, 02 pavimentos-tipo e 01 cobertura.
AGOPYAN et al. (1998)	<p>Argamassa industrializada (emboço interno)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perdas variando entre 5% (BR069) e 209% (BR 078) - Consumo unitário variando de 19,79 kg/m² (BR 003) a 47,24 kg/m² (BR 078), com média de 30,87 kg/m² e mediana de 28,23 kg/m² <p>Cimento para argamassa de emboço externo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perdas variando entre -11% (BR053) e 164% (BR 022) - Consumo unitário variando de 3,39 kg/m² (BR 053) a 13,87 kg/m² (BR 042), com média de 7,38 kg/m² e mediana de 6,27 kg/m² <p>Cal para argamassa de emboço externo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perdas variando entre -11% (BR053) e 30% (BR 033) - Consumo unitário variando de 0,78 kg/m² (BR 065) a 5,36 kg/m² (BR 053), com média de 3,40 kg/m² e mediana de 4,05 kg/m² 	<p>12 obras de características bastante distintas, das quais:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 04 obtiveram dados relativos à perda/consumo unitário de argamassa industrializada para revestimento de emboço interno; - 08 apresentaram dados para perda/consumo unitário de cimento para revestimento de emboço externo (argamassa preparada em obra); - 03 apresentaram dados para perda/consumo unitário de cal para revestimento de emboço externo (argamassa preparada em obra).
PALIARI, SOUZA E ANDRADE (2001)	<p>Argamassa de revestimento externo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Consumo unitário variando de 12,3 l/m² (SA 05) a 33,3 l/m² (SA 03), com mediana de 23,6 l/m² - Espessura do revestimento variando de 1,7 cm (SA 01) a 2,7 cm (SA 01) - Entulho durante a execução do revestimento variando de 0,0 l/m² (SA 01e SA 05) a 11,3 l/m² (SA 03) 	<p>Pesquisa realizada em 04 obras da região do grande ABC (São Paulo), onde duas das mais relevantes estão descritas abaixo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SA 03: edifício comercial. Estrutura em concreto armado moldado <i>in loco</i> (<i>Steel Deck</i>), parede de alvenaria de blocos cerâmicos e revestimento externo com argamassa preparada no canteiro; - SA 05: empreendimento com 02 torres de 20 pavimentos cada e revestimento externo executado com argamassa preparada no canteiro.

Fonte: Próprio autor (2011).

Quadro 2.7 – Valores de referência de perda/consumo de argamassa no revestimento de emboço de fachada (continuação)

REFERÊNCIA	RESULTADOS	CARACTERÍSTICAS RELEVANTES
COSTA (2005)	<p>Argamassa de revestimento externo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Espessura do revestimento variando de 0,5 cm (Emp. C) a 11,7 cm (Empresa Y) - Perdas globais variando de 66% (Empresa A) a 99% (Empresa Z) com média de 81% - Perdas devido à sobre-espessura do revestimento variando de 6% (Empresa C) a 39% (Empresa Z) com média de 21% 	<p>08 construtoras, onde as que tiveram resultados de perdas globais mais representativos estão descritas a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obra A: 05 casas residenciais de 04 pavimentos e 01 subsolo. Não utiliza projeto específico para revestimento, acabamento desempenado e feltrado e transporte da argamassa feito por carrinho de mão e elevador de obras; - Obra Z: edifício residencial de 11 pavimentos. Não utiliza projeto específico para revestimento, acabamento somente sarrafeado e transporte da argamassa feito por carrinho de mão e elevador de obras.
TCPO (2008)	<p>Argamassa de revestimento externo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Consumo unitária variando entre 20 l/m² e 66 l/m² - Perda considerada para orçamento (mediana): 25% 	<ul style="list-style-type: none"> - Produtividade no uso dos materiais: Consumo unitário de argamassa – Revestimento básico.

Fonte: Próprio autor (2011).

O TCPO (2008) relata que o consumo de materiais varia de acordo com os fatores favoráveis e desfavoráveis intrínsecos ao serviço. Este livro cita os seguintes fatores como influenciadores do consumo de argamassa para fachada: altura do edifício, tipo de equipamento de transporte, qualidade das vias de acesso, reaproveitamento da argamassa que cai no durante a aplicação e utilização da argamassa já preparada até o fim.

Através dos resultados apresentados, verificou-se a dificuldade de comparação dos resultados de perda de argamassa, uma vez que o referencial é alterado em função da determinação de empresas ou das especificações de projeto. Isto pode ser comprovado pelo fato de que, nem sempre, as obras que possuem os mais altos consumos unitários de argamassa apresentam os maiores percentuais de perda.

2.6 Sistemas de medição de desempenho versus indicadores para tecnologias construtivas à base de cimento

Ao longo da pesquisa bibliográfica foram encontradas várias iniciativas de *benchmarking*, bem como estudos sobre perda e produtividade contemplando tecnologias à base de cimento.

Dentre as iniciativas de *benchmarking* desenvolvidas nos últimos anos, podem ser citadas as apontadas no item 1.2 e apresentadas no Quadro 2.8. No entanto, é importante salientar que a descrição e caracterização destes sistemas foram alvo de pesquisas anteriores, conforme descrito em referências como Bakens, Viries e Courtney (2005), Costa (2008) e Duarte (2011), não sendo o foco deste trabalho.

No âmbito da perda/consumo de materiais e componentes, foram desenvolvidas várias pesquisas abordando não somente medições quantitativas, mas avaliando as origens das perdas, bem como os fatores minimizadores e as ações para redução do sobreconsumo e desperdício de materiais, conforme descrito nos itens 2.4 e 2.5. Com relação à produtividade da mão de obra, também foram desenvolvidas pesquisas em diversos países abordando dados quantitativos e fatores influenciadores da produtividade da mão de obra, assunto este descrito no capítulo a seguir, nos itens 3.5.2 e 3.6.

Quadro 2.8 – Iniciativas de *benchmarking*

INICIATIVA	INÍCIO	PAÍS	REFERÊNCIA
<i>CII Benchmarking e Metrics Programme</i>	1993	Estados Unidos	<i>Construction Industry Institute</i> (2011)
<i>Construction Key Performance Indicators (KPIs)</i>	2000	Reino Unido	<i>Constructing excellence</i> (2012)
<i>Sistema Nacional de Benchmarking para el Sector de la Construcción</i>	2001	Chile	<i>Corporación de Desarrollo Tecnológico</i> (2002)
SISIND-NET - Sistema de indicadores para <i>benchmarking</i> na construção civil	2004	Brasil	Costa (2008)
<i>Benchcolombia - Sistema de referenciación para la construcción</i>	2004	Colômbia	<u><i>Botero, Ramirez, e Alvarez</i></u> (2007)
<i>IcBench - Indicadores de Desempenho e Produtividade</i>	2006	Portugal	<i>Icbench</i> (2012)
INDICON - Indicadores para <i>benchmarking</i> em empresas de construção	2010	Brasil	Duarte (2011)

Fonte: Próprio autor (2012).

O Quadro 2.9 aponta pesquisas realizadas dentro deste contexto. É importante destacar que todas estas pesquisas tratam de, pelo menos, uma das tecnologias construtivas à base de cimento, ou seja, dentro do contexto deste trabalho.

Através da pesquisa bibliográfica realizada ao longo deste trabalho, verificou-se que apesar de haver uma ampla gama de estudos desenvolvidos tratando da prática do *benchmarking*, da mensuração de perdas, consumo unitário de materiais e produtividade mão de obra, não foram encontrados estudos abordando estes assuntos de maneira conjunta ou especificamente para tecnologias construtivas à base de cimento.

Cabe destacar que as práticas que mais se aproximam do contexto deste estudo são: a pesquisa desenvolvida por Agopyan et al. (1998), que apresentou uma prática de *benchmarking* englobando materiais e componentes de diversas tecnologias construtivas; a iniciativa de *benchmarking* desenvolvida pelo CII (*Construction Industry Institute*) que aborda, dentre outros índices, a produtividade da construção; e a iniciativa de *benchmarking* intitulada INDICON (indicadores para *benchmarking* em empresas de construção), que contemplou indicadores de perda e/ou consumo de três materiais e componentes.

Quadro 2.9 – Estudos de perda/consumo de materiais e produtividade da mão de obra

	Abordagem da pesquisa	Referências
Perda/consumo de materiais e componentes	Valores quantitativos	<ul style="list-style-type: none"> – SOIBELMAN (1993) – AGOPYAN et al. (1998) – RESENDE et al. (1998) – BAIOTTO et al. (1999) – SPOSTO, OTERO E CAMPOLINA (2001) – PALIARI, SOUZA E ANDRADE (2001) – PALIARI et al. (2002) – COSTA (2005) – AL-MOGHANY (2006) – SIQUEIRA (2006) – TCPO (2008) – LORDSLEEM JR. (2009) – PINHO (2010)
	Origens/fatores influenciadores	<ul style="list-style-type: none"> – PALIARI (1999) – AGOPYAN et al. (2004) – COSTA (2005) – TCPO (2008) – OLADIRAN (2009) – PINHO (2010) – WAHAB e LAWAL (2011)
	Medidas/ações para redução do sobreconsumo e desperdício de materiais	<ul style="list-style-type: none"> – FREIRE e SOUZA (2000) – AGYEKUM, AYARKWA e ADINYIRA (2012)
Produtividade da mão de obra	Dados quantitativos	<ul style="list-style-type: none"> – CARRARO (1998) – CARRARO E SOUZA (1998) – LORDSLEEM JR. (1999) – ARAÚJO (2000) – ARAÚJO E SOUZA (2000) – ABCP (2004) – COSTA (2005) – DANTAS (2006) – DIOGO (2007) – TCPO (2008) – LORDSLEEM JR. (2009) – PINHO (2010) – SOUZA (2010)
	Fatores influenciadores	<ul style="list-style-type: none"> – LORDSLEEM JR. e SOUZA (1999) – ARAÚJO (2000) – COSTA (2005) – DANTAS (2006) – SOUZA (2006) – TCPO (2008) – AL-JIBOURI (2010) – MAWDESLEY, MOSELHI e KHAN (2010) – PINHO (2010) – JANG et al. (2011) – MUQEEM et al. (2011) – SHEHATA e EL-GOHARY (2011) – JARKAS (2012)

Fonte: Próprio autor (2012).

Além das pesquisas citadas envolvendo a perda e o consumo unitário de materiais e das iniciativas de *benchmarking* apontadas, o próximo capítulo detalha pesquisas que tratam da produtividade da mão de obra para tecnologias construtivas à base de cimento.

3 PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA

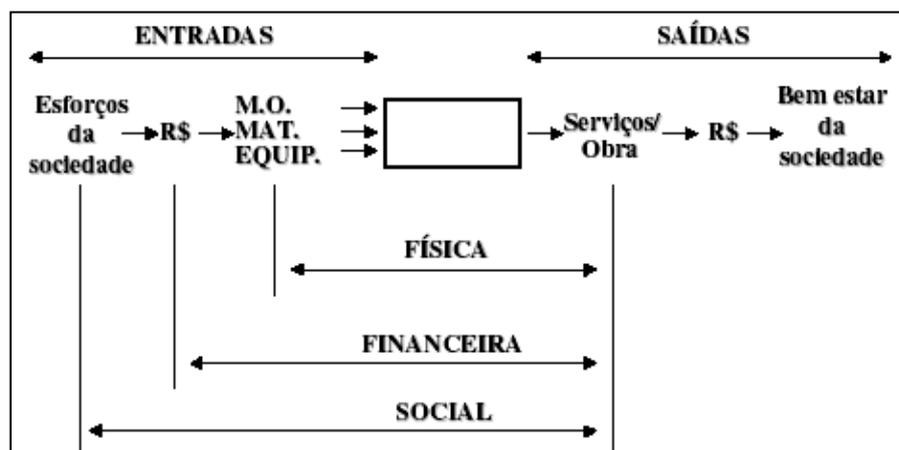
Este capítulo trata dos conceitos básicos relacionados à produtividade da mão de obra e a importância de seu estudo para melhoria da eficiência do processo executivo na construção civil. Além disso, relata-se sobre o modelo dos fatores, que descreve a produtividade real da mão de obra como resultado de uma série de fatores influenciadores da produtividade considerada ideal.

Em seguida, buscou-se apresentar a forma de medição da produtividade, classificar os fatores que a influenciam e relatar pesquisas realizadas no Brasil e em outros países sobre estes fatores. Finalmente, são descritas, separadamente, as formas de medição, os fatores influenciadores e os valores de referência para a produtividade da mão de obra no desenvolvimento de cada tecnologia construtiva alvo do presente trabalho.

3.1 Conceituando a produtividade

Segundo Souza (1998), considera-se o termo produtividade como a eficiência de se transformar entradas em saídas. De acordo com a Figura 3.1, o estudo da produtividade pode ser analisado de três formas: física (mão de obra, materiais, equipamentos), financeira (recursos financeiros demandados) e social (esforços da sociedade), onde a união destas entradas gera o produto final, o que proporciona a sociedade um empreendimento capaz de produzir lucro monetário, empregos e qualidade de vida (SOUZA, 2000).

Figura 3.1 - Diferentes abrangências do estudo da produtividade



Fonte: Souza (2000).

Levando em consideração apenas o ponto de vista físico (Souza 2006), a Figura 3.2 representa produtividade da mão de obra como a eficiência da transformação dos esforços dos trabalhadores em obra ou partes delas.

Figura 3.2 - Produtividade da mão de obra



Fonte: Souza (2006).

3.2 Importância do estudo da produtividade

“Em qualquer país, o caminho mais sustentável para a melhoria do padrão de vida é o aumento da produtividade. Os ganhos de produtividade englobam tanto processos mais eficientes como inovações em processos e serviços.” (MCKINSEY *apud* ARAÚJO, 2000).

A produtividade tem sido um conceito amplamente discutido por profissionais envolvidos em toda a cadeia da indústria da construção, sejam construtores, projetistas, fornecedores ou pesquisadores acadêmicos. Isto ocorre porque a construção civil ainda é caracterizada pela baixa produtividade na execução dos mais diversos serviços.

De acordo com Araújo e Souza (2000), a indústria seriada tem como tradição o estudo da produtividade, ao contrário da indústria da construção civil que só mais recentemente tem disseminado o interesse por este assunto.

Souza (2006) considera vários fatores que levam a construção a obter uma produtividade insatisfatória. Ao contrário das indústrias de produção em série, a construção civil tem caráter nômade, ou seja, o produto fica no local de fabricação e a “fábrica” é quem se move até o local da produção de um novo produto. Outros fatores são o emprego de mão de obra desqualificada para execução dos serviços, a rotatividade de trabalhadores e os baixos salários

oferecidos, gerando insatisfação. Além disso, cada produto é único, um empreendimento construído nunca é igual a outro e esta particularidade também influencia no processo produtivo.

Devido a estas inúmeras particularidades, a produtividade na indústria da construção civil precisa ser amplamente estudada, procurando evolução do processo produtivo.

Jang et al. (2011) afirmam que a indústria da construção é caracterizada pelo trabalho intensivo que depende das habilidades de sua força de trabalho. Assim, a mão de obra é o bem mais valioso da indústria, responsável por mais de um quarto custo total do projeto.

Para Araújo (2000), conhecer a produtividade da mão de obra e seu comportamento funciona como uma importante ferramenta de gerenciamento, auxiliando na tomada de decisões.

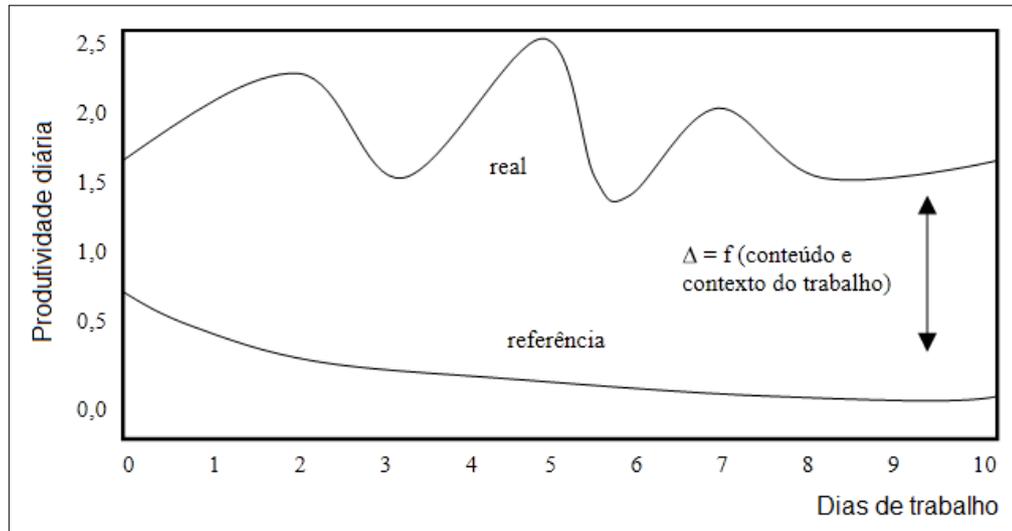
Dentro desta realidade vivida pela indústria da construção, este trabalho vem com o intuito de estabelecer parâmetros para auxiliar a gestão e o controle produtivo da mão de obra durante o processo executivo de obras civis.

3.3 Estudo da produtividade: modelo dos fatores

O modelo de fatores, desenvolvido por Thomas e Yakoumis (1987), tem como objetivo estudar produtividade no nível de equipe, considerando vários fatores que podem ser mensurados, como, por exemplo, o efeito da aprendizagem. Para estes autores o trabalho de uma equipe afetada por determinados fatores pode causar variações, sejam elas aleatórias ou sistemáticas, no desempenho de determinado serviço.

No entanto, conforme a Figura 3.3, estas variações fazem com que a curva da produtividade real varie com relação à curva ideal (potencial ou de referência), que é aquela que reflete através de sua forma e magnitude a influência de uma série de fatores, como: canteiro de obras, métodos construtivos utilizados, tipo de gerenciamento, condições climáticas, fase do trabalho, variáveis de projeto, dimensionamento de equipes e os aspectos de construtibilidade.

Figura 3.3 - Representação gráfica do modelo dos fatores



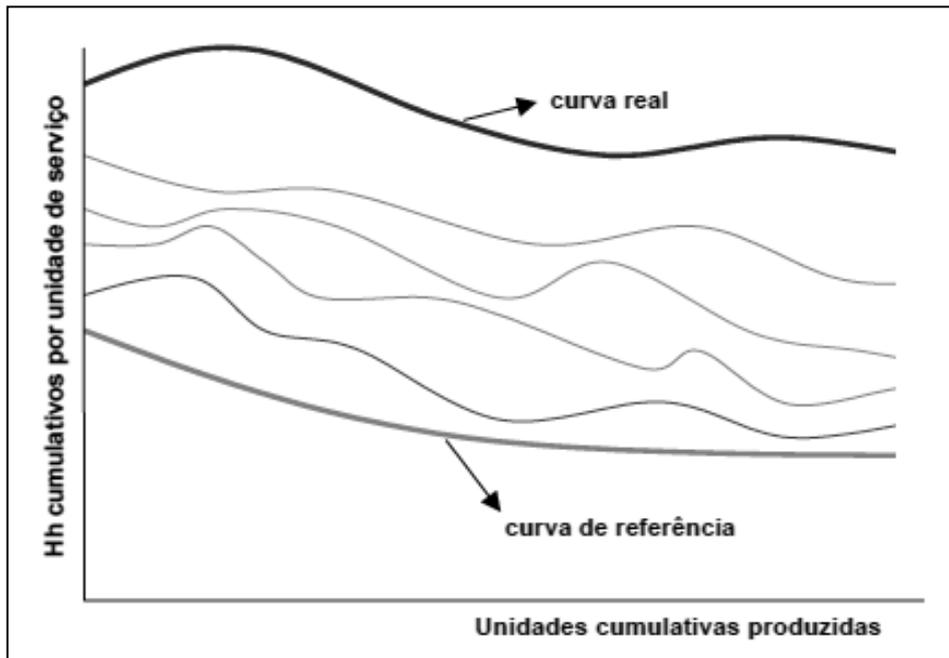
Fonte: Souza e Agopyan (1996).

Thomas e Yakoumis (1987) ainda relatam que o efeito cumulativo das curvas de produtividade real são perturbações que pode ser irregulares e, por isso, difíceis de interpretar. Porém, se estes distúrbios forem descontados matematicamente da curva de produtividade real, é possível se alcançar a curva de produtividade potencial. Esta curva representará o desempenho básico de execução de determinado serviço, que é realizado dentro de certas condições de referência, que é somado a componentes resultantes de melhorias em operações repetitivas.

A Figura 3.4 apresenta um exemplo do modelo dos fatores, onde:

- **Curva real:** representa um resultado mesurado *in loco*.
- **Curvas intermediárias:** representam os fatores que cumulativamente somados influenciam para aumento da produtividade até que se alcance a curva de referência. Estes fatores podem ser ambientais, locais, gerenciais e de projeto.
- **Curva de referência:** representa a produtividade que poderia ser alcançada caso não houvesse influência de fatores que diferem da condição de referência.

Figura 3.4 – Modelo dos Fatores para produtividade na construção



Fonte: Thomas e Yiakomis (1987).

É importante ressaltar que um dos principais aspectos básicos do modelo dos fatores é que a produtividade é avaliada não só do ponto de vista dos fatores quantitativos, mas também através de fatores qualitativos, que abordam os motivos pelo quais o serviço é afetado.

Além dos aspectos levantados até o presente momento, conforme descrito por Araújo (2000), o modelo dos fatores apresenta as seguintes vantagens para implementação:

- **barato:** o sistema de coleta de dados apresenta baixo custo de implantação.
- **simples:** os dados solicitados são poucos e apresentam facilidade na mensuração em campo.
- **rápido:** retroalimentação rapidamente o sistema, permitindo que as ações corretivas sejam tomadas ainda durante atividades, mesmo que estas sejam de curta duração.
- **comparativo:** a análise e estudo dos dados coletados possibilitam a comparação entre diferentes empreendimentos.
- **apurado:** os resultados refletem o que se passa na execução dos serviços.

Dentro deste contexto, entende-se que a mensuração da produtividade do ponto de vista quantitativo pode não atender as necessidades dos gestores, uma vez que a avaliação de valores permite apenas identificar se a produtividade atende ou não as expectativas. Para agir

sobre as origens do problema, é preciso conhecê-las. Desta forma, é fundamental conhecer quais os fatores que interferem na produtividade da mão de obra como ferramenta para gestão dos processos.

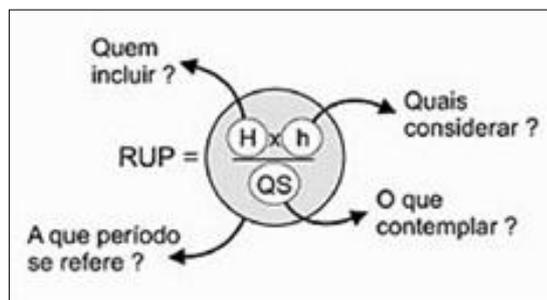
3.4 Como medir a produtividade

Para mensuração da produtividade, o indicador a ser utilizado é a RUP (Razão Unitária de Produção) que é representada pela razão entre entradas (homens-hora demandados) e saídas (quantidade de serviço), conforme proposto por Souza (2006). Com relação às entradas, o cálculo dos homens-hora é o resultado do produto entre o número de homens envolvidos e a quantidade de tempo dedicada por cada um destes no serviço. No que se refere às saídas, considera-se a quantidade de serviço executada.

No entanto, para se uniformizar o cálculo da RUP, de acordo com Souza (2000), é necessário que sejam definidos parâmetros para mensuração dos dados, sejam eles de entrada, saída ou período pelo qual o levantamento de dados será realizado. Segundo Souza (2006), precisa-se padronizar quatro aspectos (Figura 3.5):

- os funcionários que estão inseridos na avaliação;
- a quantidade de horas de trabalho a considerar;
- a forma como será quantificado o serviço;
- o período de estudo pelo qual as mensurações, entradas e saídas, serão realizadas.

Figura 3.5 – Aspectos a padronizar quanto à mensuração da RUP



Fonte: Souza (2006).

Segundo Souza (2000), o levantamento de dados pode sofrer grandes variações conforme padronização determinada para a coleta dos dados. Para os dados de entrada, a quantidade de homens envolvidos neste serviço poderá ser considerada das seguintes formas:

- somente os oficiais diretamente envolvidos;
- toda a mão de obra direta, incluindo os serventes;
- a mão de obra direta no local de execução do serviço, adicionada à mão de obra de apoio, onde se incluiriam os ajudantes que estão fora do local específico da execução, porém com funções complementares que auxiliam o serviço;
- toda a equipe envolvida (equipe global), incluindo até mesmo o encarregado do serviço.

A quantidade de horas a ser considerada pode ser referente a:

- a jornada de trabalho;
- o tempo pelo qual os funcionários estão disponíveis para o trabalho, que pode ser: a mesma quantidade de horas da jornada de trabalho; maior em função do aumento na jornada de trabalho, mesmo que esta resulte em prêmios recebidos por tarefa cumprida; ou menor no caso de problemas que independam da vontade do trabalhador;
- o tempo efetivamente trabalhado, descontando, por exemplo, as horas em que o funcionário esteve parado devido a falhas na gestão de serviço.

Quanto à forma como o serviço será quantificado, pode-se mensurar de várias maneiras. Esta mensuração é intrínseca ao tipo do serviço que está em execução, sendo assim a forma adotada para quantificação do serviço é bastante específica.

O período a que se refere o levantamento de dados pode ser:

- um período de curta duração; ou
- um período de longa duração.

É importante ressaltar que a determinação de um período curto ou longo é bastante relativa, levando em consideração a duração dos ciclos de serviço estudado.

Conforme Souza (2006), a análise dos dados levantados pode ser feita sob cinco formas:

- **RUP diária:** obtida através dos valores de homens-hora demandados e quantidade de serviço realizada em um dia de trabalho;
- **RUP cumulativa:** este cálculo é feito de acordo com o somatório dos valores de homens-hora demandados e o somatório da quantidade de serviço realizado durante o período estudado;
- **RUP cíclica:** obtida pela razão em homens-hora e quantidade de serviço realizada através da adoção de um ciclo de serviço;
- **RUP periódica:** é a relação entre homens-hora e quantidade de serviço realizada através da adoção de um determinado período de tempo;
- **RUP potencial:** é a mediana das RUPs diárias menores que a cumulativa do final do período estudado.

A RUP diária tem como objetivo fornecer resultados em curto prazo, ou seja, mostra a situação da produtividade em um determinado dia de trabalho, permitindo a visualização dos fatores que influenciaram a produtividade neste dia. Enquanto a RUP cumulativa apresenta tendência em prazos mais longos, que se inicia desde o primeiro dia de estudo e só é finalizado ao término do período de estudo em questão, o que, permite que se façam previsões com relação ao andamento da obra (ARAÚJO, 2000).

Quanto à RUP potencial, esta representa a produtividade que tem um bom desempenho e passível de ser repetida corriqueiramente, se mantida a tecnologia e a forma de gestão disponíveis na obra avaliada (SOUZA, 1998, 2000).

Para o cálculo da RUP diária (Equação 3.1), a cada dia de trabalho devem ser contabilizadas a quantidade serviço realizada durante o todo dia, bem como o número de funcionários envolvidos e suas respectivas horas trabalhadas. A informação sobre homens-hora demandados deve ser obtida com o responsável pelo serviço, que pode ser o próprio mestre de obras ou o encarregado.

$$RUP_d = Hh \div QS \quad (\text{Equação 3.1})$$

Onde:

RUP_d = Razão Unitária de Produção diária

Hh = Homens-hora demandados em um dia de trabalho

QS = Quantidade de serviço produzida em um dia de trabalho

A RUP cumulativa (Equação 3.2) é calculada através da razão entre os somatórios dos homens-hora demandados e das quantidades de serviço produzidas diariamente durante todo o período de estudo. Este dado, também, deve ser computado diariamente.

$$RUP_c = \sum Hh \div \sum QS \quad (\text{Equação 3.2})$$

Onde:

RUP_c = Razão Unitária de Produção cumulativa

$\sum Hh$ = Somatório dos homens-hora demandados ao final do período de estudo

$\sum QS$ = Somatório da quantidade de serviço realizada ao final do estudo

As RUPs cíclica e periódica são calculadas de forma semelhante à RUP cumulativa, porém o seu período de estudo é mais restrito, de forma que possui uma determinação de ciclos ou períodos.

O indicador de RUP potencial (Equação 3.3) é obtido ao final de todas as coletas realizadas, através da apropriação da mediana de todas as RUPs diárias.

$$RUP_p = Med RUP_d \quad (\text{Equação 3.3})$$

Onde:

RUP_p = Razão Unitária de Produção potencial

$Med RUP_d$ = Mediana das RUPs diárias menores que a RUP cumulativa final

Segundo Lordsleem Jr. (2009), a RUP potencial é “a produtividade considerada representativa de um bom desempenho e passível de ser repetida muitas vezes na obra que esteja sendo avaliada”. Cabe destacar que os vários conceitos de RUPs apresentados neste item permitem uma melhor avaliação da produtividade da mão de obra.

3.5 Fatores que influenciam a produtividade

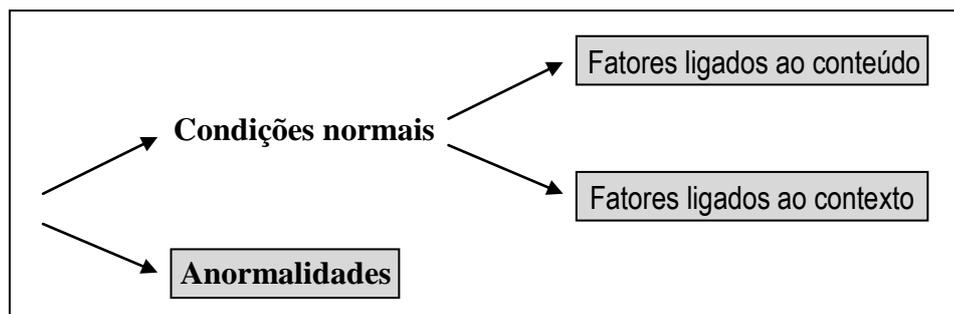
Neste item são apresentadas as classificações dos fatores que influenciam a produtividade da mão-obra, bem como estudos de referência realizados no Brasil e em outros países que citam potenciais fatores influenciadores da produtividade.

3.5.1 Classificação

Araújo (2000) considera que os fatores que afetam produtividade da mão de obra podem ser divididos, a princípio, em dois grandes grupos. O primeiro grupo de fatores refere-se ao conteúdo do trabalho, que contempla o serviço a ser realizado, abrangendo os componentes físicos do serviço, as especificações exigidas para execução, os detalhes contidos em projeto, etc. Enquanto o segundo grupo está relacionado ao contexto de trabalho, ou seja, este grupo de fatores refere-se ao canteiro de obras, seu *layout*, organização e gerenciamento, envolvendo também as condições atmosféricas, disponibilidade de materiais e equipamentos, sequência de trabalho, entre outros.

Além dos dois grupos de fatores apresentados por Araújo (2000), Souza (2006) levanta em terceiro grupo de fatores que seriam as anormalidades. Conforme este autor, os fatores referentes ao conteúdo do trabalho estão associados às características dos recursos transformados, enquanto os fatores de contexto estão atrelados aos recursos de transformação e às condições de contorno. Neste âmbito, as anormalidades aparecem representadas por afastamentos acentuados com relação às características do conteúdo e contexto habitualmente encontradas. Esta classificação pode ser mais bem visualizada através da Figura 3.6.

Figura 3.6 - Classificação dos fatores influenciadores da produtividade



Fonte: Souza (2006).

Ainda de acordo com este autor, as anormalidades podem ser classificadas conforme sua forma de ocorrência em primárias ou secundárias. As primárias são aquelas que interferem diretamente na produtividade da mão de obra, enquanto as indiretas facilitam a ocorrência das anormalidades por via direta. Como causas de anormalidades primárias podem-se citar: variações de temperatura, chuvas, necessidade de retrabalho, trabalho fora da sequência

programada, etc. No caso de anormalidades por via indireta, podem ser utilizados como exemplo: aceleração da obra, rotatividade, absenteísmo, entre outros.

3.5.2 Estudos de referência

Pesquisas realizadas no Brasil e em outros países apresentam e descrevem os fatores influenciadores da produtividade da mão de obra nos mais diversos serviços (AL-JIBOURI, 2010; JANG et al., 2011; JARKAS, 2012; LORDSLEEM JR.; SOUZA, 1999; MAWDESLEY; MOSELHI; KHAN, 2010; MUQEEM et al., 2011; SHEHATA; EL-GOHARY, 2011).

Lordsleem Jr. e Souza (1999) apontam como principais fatores que afetam a produtividade da mão de obra, quais sejam:

- inadequado planejamento das atividades do canteiro de obras;
- ausência de uma sequência de trabalho;
- relações patrão-empregado / insatisfação dos operários.

Mawdesley e Al-Jibouri (2010) apontam o controle, o planejamento, a motivação, a segurança e as interrupções como os cinco fatores que consideram ter efeitos mais significativos sobre a produtividade, representando aproximadamente 20% dos efeitos totais dos fatores sobre a produtividade. Porém, estes autores ainda ressaltam que não são todos os fatores que podem ser influenciados por ações gerenciais e assim concluem que juntos, os cinco fatores mais significativos, representam cerca de 45% dos efeitos que podem ser alcançados por medidas de gestão.

Moselhi e Khan (2010) relatam o estudo realizado no Canadá, fruto de 212 observações em campo, onde são avaliados nove fatores e a sua influência sobre a produtividade da mão de obra na execução de fôrmas para estrutura de concreto armado. Estes fatores são aplicáveis a outros serviços, mas se adequam bem ao serviço de concretagem da estrutura. Oito dos fatores identificados e as considerações realizadas por estes autores estão citados no Quadro 3.1. Cabe ressaltar que estes parâmetros dispostos neste quadro devem ser avaliados com critério, levando em consideração o país onde o estudo foi realizado.

Quadro 3.1 – Fatores influenciadores da produtividade

FATOR	INFLUÊNCIA
Temperatura	A temperatura ótima é de 22°C, acima desta a produtividade tendem a ser influenciada negativamente.
Umidade relativa do ar	Umidades relativas superiores a 40% afetam de forma negativa a produtividade da mão de obra.
Precipitação	Qualquer tipo precipitação dificulta o serviço, podendo reduzir sua produtividade em aproximadamente 40%, em caso de chuva ou neve.
Velocidade do vento	Ventos com velocidade acima de 15km/h pode prejudicar a execução do serviço.
Tamanho da equipe	O tamanho da equipe necessita ser bem dimensionado para que seja grande o suficiente para uma produção ágil, mas não cause congestionamento durante o desenvolvimento da atividade proposta.
Composição da equipe	Verificou-se que a equipe ótima é aquela composta por 35% de mão de obra não qualificada. No entanto, esta porcentagem varia de acordo com o tipo de serviço.
Altura (a partir do nível do terreno)	Até o terceiro pavimento o aumento da produtividade é considerável, a partir deste, a taxa de aumento da produtividade tende a decrescer.
Tipo de trabalho	A produtividade é mais elevada para execução de lajes, seguido pela execução de paredes, sendo a mais baixa para pilares. Em comparação com as lajes, produtividade pode entre 15% inferior para paredes e 40% para pilares.

Fonte: Moselhi e Khan (2010).

Jang et al. (2011) descrevem um estudo realizado na Coreia, onde foi aplicada uma análise estatística (regressão) e o modelo AHP para análise de dados qualitativos, ambos obtidos através de conversas e entrevistas. A análise estatística foi realizada inicialmente com o objetivo de avaliar sete componentes, definindo o nível de significância de cada um deles. Diante desta análise, percebeu-se que dentre os sete, apenas quatro componentes foram estatisticamente considerados significativos que, por ordem de importância, são: o componente característico do trabalho (ambiente), o componente técnica de trabalho, o componente de gestão do trabalho e o componente do trabalhador.

Após a análise estatística, o modelo AHP é introduzido com objetivo de classificar os fatores de cada componente segundo a sua relevância. Dentre os nove fatores apresentados com maiores níveis de prioridade, estão todos os fatores relacionados à gestão e técnica de trabalho, acrescentando-se a estes a pré-fabricação e o método de trabalho (características do trabalho). Para estes autores, isto indica que os componentes de gestão e técnica do trabalho exercem maior influência sobre a produtividade do que os componentes de características do trabalho e do trabalhador.

Muqem et al. (2011) descrevem o desenvolvimento de um modelo usando a rede neural, objetivando prever os índices de produção do trabalho correlacionando com os seus fatores influenciadores. Para tanto, foram medidos índices de produção de concretagem de colunas em sete empreendimentos distribuídos diferentes partes da Malásia, com um total de 84 observações, e identificados os fatores influenciadores destes índices.

De acordo com as observações realizadas, foi possível classificar os cinco principais fatores que afetam o serviço, quais sejam: disponibilidade de materiais e equipamentos, número de trabalhadores envolvidos, condições climáticas, condições do local e localização do empreendimento, respectivamente.

Shehata e El-Gohary (2011) descrevem dois estudos de casos realizados no Egito, nos quais são apresentados diferentes formas de avaliação da produtividade. No estudo de caso 01, são determinados e quantificados fatores que afetam negativamente as operações envolvendo telhas através de 336 observações em canteiros de obra. Os resultados descrevem que o tempo ativo da equipe era de 65,43%, enquanto 34,57% eram considerados como tempo inativo. Além disso, foi constatado que destes 34,57% de tempo inativo, 12,92% eram devido à espera de materiais, 11,90% envolviam alimentação e conversas, 8,27% eram causados por ausência e 1,48% esperando ferramentas.

No estudo de caso 02 é realizado um *benchmarking* de quatro indicadores: índice de interrupção (DI), relação de desempenho (PR), índice de gestão de projeto (PMI) e coeficiente de variação (CV), tendo como objetivo verificar o impacto da variabilidade da produtividade no desempenho do trabalho. Através dos resultados obtidos em onze projetos, pôde-se verificar que a correlação entre o PMI e CV é de 0,879, indicando que a redução da variabilidade da produtividade pode melhorar o desempenho do projeto.

Jarkas (2012) relata um estudo realizado tratando da produtividade na execução de acabamento superficial de pisos de concreto. A pesquisa aborda a interferência de quatro fatores na produtividade do acabamento superficial: área de superfície; número de máquinas utilizadas por andar; diâmetro do anel flutuante das máquinas utilizadas; e emprego do modo operacional (mão de obra própria ou subcontratada).

Resultados obtidos por este autor indicam que: maiores áreas de superfície tendem apresentar melhores produtividades; o número de máquinas por pavimento deve ser estudado com cautela, uma vez que um número demasiado de máquinas pode produzir uma baixa densidade de trabalho por pessoa, tornando o serviço menos produtivo; dentre as dimensões estudadas, percebeu-se que maiores diâmetros do anel flutuante das máquinas geram melhores índices de produtividade, devido à área alcançada ser maior; e não foram encontradas evidências que comprovem a melhoria da produtividade em função da subcontratação da mão de obra.

A partir dos resultados apresentados acima, é possível visualizar a diversidade de fatores que podem afetar a produtividade. Isto ratifica a necessidade de gestão dos processos, desde a fase de projetos até a execução, e monitoramento deste indicador, como forma de tornar os serviços mais produtivos.

3.6 Produtividade de tecnologias construtivas à base de cimento

Este capítulo trata da produtividade da mão de obra relativa a métodos construtivos à base de cimento, sendo eles concretagem da estrutura em concreto armado, alvenaria de vedação e revestimento de argamassa de fachada (emboço). Para tanto, são apresentadas as formas de mensuração, os fatores influenciadores e valores de referência presentes em literaturas especializadas.

3.6.1 Concretagem da superestrutura de concreto

De acordo com Araújo (2000), “os custos referentes à mão de obra destinada à execução da superestrutura de concreto armado alcançam valores situados entre 11% a 15% dos custos totais da obra”. Diante disto, verifica-se a necessidade do estudo da mão de obra envolvida na concretagem, já que este serviço envolve a execução de várias subetapas, apresenta funções de extrema importância e custos representativos para a estrutura de concreto armado.

3.6.1.1 Como medir a produtividade

Nesta seção, o estudo contempla o levantamento da produtividade para a concretagem da estrutura em concreto armado. O indicador a ser utilizado para mensuração desta produtividade é a RUP e sua unidade de medida é o Hh/m³ (homem-hora por metro cúbico), ou seja, é o número de homens-hora demandados para execução de um metro cúbico de estrutura concretada.

A fim de padronizar a coleta dos dados de entrada, a quantificação do serviço executado é feita em metros cúbicos (m³) e medição *in loco* pode ser realizada em parcelas. Segundo Dantas (2006), a mensuração do serviço, normalmente, é dividida em duas etapas: concretagem de vigas e lajes e concretagem de pilares, estando a concretagem das escadas associada a uma das etapas ou mesmo dividida entre as duas.

Para Souza e Agopyan (1996), o levantamento dos homens-hora despendidos pode ser realizado a partir da folha de pagamento, observação contínua ou através de informações do encarregado do serviço. Os dados coletados através da folha de pagamento podem se tornar mais confiáveis se complementados pelas informações do encarregado. No entanto, os homens-hora a serem coletados dependem do período de estudo e das RUPs determinados para análise dos resultados.

No caso da concretagem da estrutura de concreto armado, o período de estudo é um único dia. Mesmo assim, Araújo (2000) sugere diferentes períodos de estudo o que chama de “tempos de concretagem”. Os tempos de concretagem propostos são os seguintes:

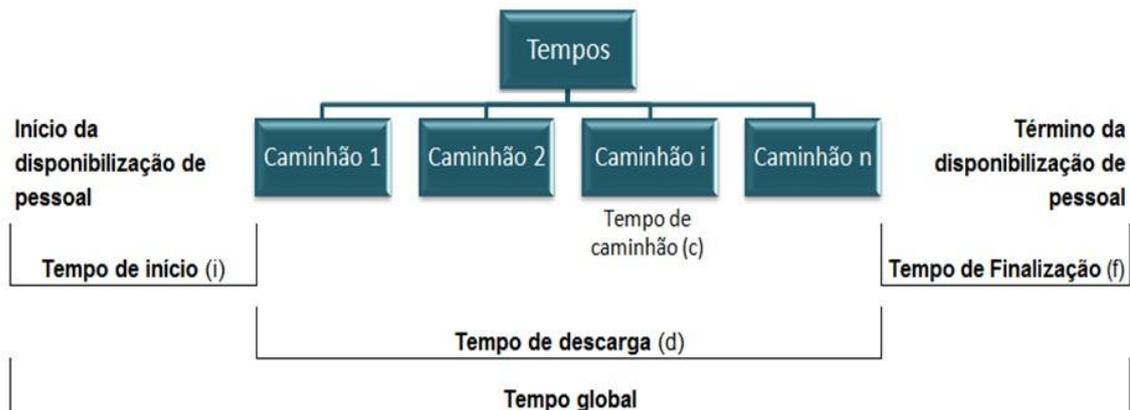
- **tempo de caminhão:** é o tempo utilizado para descarregar um caminhão;
- **tempo de descarregamento:** é o tempo compreendido entre o início da descarga do primeiro e o término da descarga do último caminhão;
- **tempo de início:** é o tempo compreendido entre o horário de disponibilização de pessoal e o início do descarregamento do concreto;
- **tempo de finalização:** é o tempo compreendido entre o término do descarregamento do último caminhão e o horário de encerramento do turno de trabalho ou realocação dos funcionários para outras atividades.

Além destes são considerados relevantes os tempos de troca e atraso, que, mesmo não envolvendo a concretagem propriamente dita, apresenta intervalos em que a equipe envolvida no serviço encontra-se disponível. Estes tempos são descritos a seguir:

- **tempo de troca:** é o tempo de interrupção entre a troca de caminhões sucessivos. Caso próximo caminhão já esteja na obra, o tempo de troca é o tempo compreendido entre o término do descarregamento do caminhão $(n-1)$ e o início do descarregamento do caminhão n . Se houver atraso do próximo caminhão, o tempo de troca é o tempo compreendido entre a chegada do caminhão à obra e o início de seu descarregamento.
- **tempo de atraso:** é tempo compreendido entre o término do descarregamento de um caminhão e a chegada à obra do próximo caminhão. O tempo total de atraso é a soma de todos os atrasos individuais que possam vir a ocorrer.

A Figura 3.7 apresenta os tempos de concretagem facilitando o seu entendimento.

Figura 3.7 - Visualização dos tempos de concretagem



Fonte: Adaptado de DANTAS (2006).

A partir dos tempos de concretagem mencionados e das composições de homens-horas são consideradas diferentes RUPs de concretagem, que são apresentados no Quadro 3.2:

Quadro 3.2 – RUPs de concretagem

Nomenclatura das RUPs	Tempos considerados (horas)	Equipe considerada (Homens)	Equação
RUP caminhão	Tempo de caminhão (c)	Direta (di) ²	$= \frac{H_{di} \times h_c}{Volume_{caminhão}}$
RUP descarregamento	Tempo de Descarregamento (d)	Direta (di)	$= \frac{H_{di} \times h_d}{Volume_{total}}$
RUP global sem encarregado	Tempo de início (i) Tempo de Descarregamento (d) Tempo de Finalização (f)	Direta (di)	$= \frac{H_{di} \times h_{i+d+f}}{Volume_{total}}$
RUP global com encarregado	Tempo de início (i) Tempo de Descarregamento (d) Tempo de Finalização (f)	Direta (di) Supervisor (su)	$= \frac{H_{di+su} \times h_{i+d+f}}{Volume_{total}}$

(Fonte: Adaptada de ARAÚJO, 2000).

A RUP por caminhão, conforme declara Araújo (2000), pode ser estudada como a relação entre a equipe e a velocidade de concretagem, o que pode ser entendido através da Equação 3.4 a seguir:

$$RUP_{caminhão} = \frac{Hh}{QS} = \frac{Hh}{m^3} = \frac{H}{\frac{m^3}{h}} = \frac{Equipe}{Velocidade\ de\ Concretagem} \quad (\text{Equação 3.4})$$

Esta RUP tem como objetivo apresentar a “potencialidade” do serviço. Já a RUP por descarregamento mostra os possíveis problemas com relação à gestão do serviço, já que engloba, além dos tempos de cada caminhão, os intervalos de atraso e/ou troca de caminhões. A RUP global representa um problema a partir do momento que se torna significativamente superior a RUP de descarregamento, pois evidencia falhas na programação da obra.

3.6.1.2 Fatores influenciadores

A execução da concretagem de estrutura de concreto armado apresenta vários fatores que são potencialmente influenciadores de sua sequencia produtiva. A seguir são citados e descritos alguns dos fatores mais relevantes.

² A equipe direta é composta pelos operários envolvidos diretamente na produção do serviço. Neste caso, são os operários envolvidos no transporte, lançamento, adensamento e acabamento do concreto.

Quadro 3.3 – Fatores que influenciam produtividade da concretagem da estrutura

REFERÊNCIA	POTENCIAIS FATORES INFLUENCIADORES	
ARAÚJO (2000)	<ul style="list-style-type: none"> - Presença de encarregado de armação - Tamanho da equipe - Tamanho da equipe sobre a laje - Tamanho da equipe no recebimento (embaixo) - Peça a ser concretada - Equipamento Transporte Vertical - Equipamento Transporte Horizontal - Número do andar - Andar tipo ou atípico - Pé-direito - <i>Slump-test</i> - Número de vibradores usados simultaneamente - Número de caminhões - Área do Pavimento (m²) 	<ul style="list-style-type: none"> - Volume total de concreto (m³) - Número de pilares - Mediana das seções dos pilares - Relação entre o volume (m³) e o número de pilares - Relação entre a quantidade de aço (kg) e o volume de pilar (m³) - Relação entre a área (m²) e o volume de pilares (m³) - Relação entre o volume de vigas + laje (m³) e a área do pavimento (m²) - Relação entre a área (m²) e o volume de vigas + laje (m³) - Relação entre a quantidade de aço (kg) e o volume de vigas + laje (m³) - Relação entre o volume de laje (m³) e o volume de vigas + laje (m³) - Mediana das seções das vigas
DANTAS (2006)	<ul style="list-style-type: none"> - Abatimento do concreto - Resistência à compressão - Número de vibradores - Dia da semana - Período (manhã ou tarde) - Formação da equipe (pedreiro e serventes) - Altura mediana da laje - Número de lajes no pavimento - Altura do pavimento - Compacidade³ do pilar - Área da seção do pilar - Densidade de armadura (pilar) - Pilar com armação dupla - Altura das vigas - Relação entre o número de vigas invertidas e o número total de vigas - Tipo de acabamento superficial - Tamanho da viga 	<ul style="list-style-type: none"> - Largura da viga - Equipamento de transporte - Antecedência na solicitação de concreto - Refazer solicitação de concreto - <i>Layout</i> do canteiro adequado para acesso de caminhões-betoneira - Distância entre a usina e a obra - Deficiência quanto ao suprimento de água no andar - Pilar de altura dupla - Densidade de armadura (vigas) - Desnível superficial da laje - Capacidade da caçamba da grua - Equipamento para nivelamento da laje - Definição do último caminhão (mais cedo, melhor) - Brita utilizada - Existência de chuva forte
TCPO (2008)	<ul style="list-style-type: none"> - Área da seção transversal do pilar - Momento da colocação da armadura da viga com relação à concretagem dos pilares - Atrasos na chegada do concreto - Dimensionamento da equipe - Funcionamento do equipamento de transporte vertical - Incentivo financeiro por tarefa - Condições do serviço - Condições climáticas - Rotatividade da mão de obra - Satisfação dos funcionários 	<ul style="list-style-type: none"> - Largura das vigas - Espessura das lajes - Equipamento de transporte vertical - Distância entre o local de descarga do concreto e o equipamento de transporte vertical - Dimensionamento adequado do número de jericas ou caçambas - Número de vibradores - Altura do pavimento - Uso de turnos completos para execução da concretagem - Tempo de troca entre caminhões

Fonte: Próprio autor (2012).

³ Definição do termo compacidade: “perímetro da seção do pilar dividido pelo perímetro do círculo e mesma área” (DANTAS, 2006).

O estudo realizado por Araújo (2000) busca, entre outros objetivos, entender as razões pelas quais a produtividade da mão de obra varia. Ao longo do estudo são analisados os fatores citados no Quadro 3.3. No entanto, através dos resultados encontrados, este pôde verificar que, para pilares a velocidade de concretagem possui relação com o número de vibradores utilizados e com a área das seções dos pilares. Quanto à concretagem de vigas + pilares, Araújo (2000) identificou que a velocidade de concretagem varia em função do sistema de transporte utilizado e das relações entre: o volume de vigas + laje e a área do pavimento; a área e o volume de vigas + laje; e o volume de laje e o volume de vigas + laje.

O foco da pesquisa realizada por Dantas (2006) é a proposição de ações para a melhoria da produtividade da concretagem de edifícios, o que remete diretamente aos fatores que influenciam esta atividade. A partir dos resultados encontrados, Dantas (2006) aponta 31 ações que podem melhorar a produtividade da concretagem, no entanto, as cinco ações mais citadas pelos participantes da pesquisa foram: o uso de bomba-lança para concretagem de vigas + lajes; realizar concretagens no período da manhã; adequar o *layout* do canteiro para o acesso de caminhões-betoneira; solicitar projetos estruturais com pequenos percentuais de vigas invertidas; e solicitar o concreto usinado com antecedência.

O TCPO (2008) apontam fatores que podem influenciar produtividade da concretagem de pilares e de vigas + lajes. Através do entendimento dos itens citados, percebe-se a relevância dos seguintes fatores: dimensões das peças estruturais; dimensionamento e satisfação da equipe; planejamento e condições do serviço; e dimensionamento dos equipamentos necessários para a produção da estrutura de concreto armado.

Diante do contexto apresentado, verifica-se que a concretagem da estrutura pode ser afetada de várias formas e que o planejamento pode facilitar bastante o andamento do serviço por meio de ações como: dimensionar a equipe adequadamente e buscar atender às suas necessidades; escolher e dimensionar os equipamentos envolvidos no serviço; programar com antecedência a concretagem, preferencialmente, em dias e horários que facilitem a fluência do serviço; e buscar dispor de boas condições de trabalho.

Além disso, pôde-se constatar que dois fatores que influenciam preponderantemente a produtividade da concretagem são: as dimensões das peças estruturais e a representatividade do aço nos volumes totais destas peças. Isto pode ser solucionado através adaptações de

projeto, no entanto questões como o custo e adequação às solicitações estruturais podem ser um fator limitador em função da relação custo-benefício.

3.6.1.3 Valores de referência

No Quadro 3.4 são apresentados resultados em experiências/estudos anteriores relacionados à produtividade da mão de obra na execução da concretagem da estrutura. Em todas as experiências apresentadas a produtividade da mão de obra foi mensurada através da razão entre homens-hora e quantidade de serviço, medida em Hh/m³. Porém, as particularidades dos estudos revelam a necessidade de se comparar os resultados apresentados com critério.

O estudo realizado por Araújo (2000) apresenta sete obras localizadas no estado de São Paulo, todas executadas em estrutura reticulada em concreto armado. Para coletar a quantidade de serviço, a estrutura foi dividida em cinco parcelas: pilares, complemento de pilar, vigas, lajes e escada, porém para análise da concretagem o serviço foi dividido em apenas duas parcelas: concretagem de pilar e concretagem de viga + laje. Os homens-hora considerados foram os referentes às horas de trabalho da equipe direta de execução da concretagem. Diante dos resultados presentes no Quadro 3.4 e das características de cada obra avaliada, este autor pôde constatar que os fatores que mais influenciaram a velocidade de concretagem, e assim, a produtividade foram: número de vibradores, variabilidade nas seções dos pilares, equipamento de transporte interno (no caso de vigas e lajes), relação entre o volume de vigas e lajes e a área a ser concretada, relação entre área de forma e volume de concreto, relação entre volume de laje e de laje + viga, área de desnível e capacidade da caçamba da grua.

ABCP (2004) relata o estudo realizado em treze obras localizadas na cidade de Belo Horizonte, onde se pôde coletar os índice de médios globais por pavimento-tipo para cada obra avaliada. O levantamento da quantidade de serviço foi realizado através mensuração de todo serviço, sem divisão em parcelas e os homens-hora computados foram os relativos às horas trabalhadas (normais e extras sem acréscimos) da equipe de produção.

Quadro 3.4 – Valores de referência de produtividade na execução da concretagem da superestrutura

REFERÊNCIA	RESULTADOS	CARACTERÍSTICAS RELEVANTES
ARAÚJO (2000)	<ul style="list-style-type: none"> - RUP global (pilar) variando de 1,00 (SP120) até 3,13 Hh/m³ (SP62) - RUP global (viga + laje) variando de 0,39 (SP120) até 1,79 Hh/m³ (SP73) - Mediana da RUP global (pilar): 1,95 Hh/m³ - Mediana da RUP global (viga + laje): 1,00 Hh/m³ 	<ul style="list-style-type: none"> - 07 obras de características bastante distintas, onde as que tiveram resultados mais relevantes estão caracterizadas abaixo: <ul style="list-style-type: none"> - SP62: edifício residencial de 12 pavimentos-tipo com estrutura reticulada em concreto armado. Utiliza grua como equipamento de transporte vertical do concreto. - SP73: edifício residencial de 11 pavimentos-tipo com estrutura reticulada em concreto armado. Utiliza grua como equipamento de transporte vertical do concreto. - SP120: edifício residencial de 10 pavimentos-tipo com estrutura reticulada em concreto armado. Utiliza bomba como equipamento de transporte vertical do concreto.
ABCP (2004)	<ul style="list-style-type: none"> - Média das médias dos IPTeq*: 1,50 Hh/m³ - Média mínima de IPTeq: 1,02 Hh/m³ 	13 obras que utilizam diferentes tipos de sistemas estruturais, das quais: 08 possuem sistema estrutural reticulado, 02 sistema estrutural com laje nervurada com forma plástica, 02 sistema estrutural com laje nervurada com blocos de concreto celular e 01 possuem sistema estrutural com laje nervurada com forma plástica e blocos de concreto celular.
DANTAS (2006)	<ul style="list-style-type: none"> - RUP global variando de 0,50 (SP303/SP304) até 3,24 Hh/m³ (SP306) com mediana de 1,12 Hh/m³ - RUP global (pilar) variando de 0,51 (SP304) até 3,04 Hh/m³ (SP303) com mediana de 1,29 Hh/m³ - RUP global (viga + laje) variando de 0,50 (SP303) até 3,24 Hh/m³ (SP306) com mediana de 0,89 Hh/m³ 	<p>07 obras de edifícios residenciais com estruturas reticuladas em concreto armado. As obras que apresentaram resultados mais representativos estão citadas a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SP303: 23 concretagens, parte realizada por bomba, parte por elevador + jérica - SP304: 47 concretagens, das quais 38 foram realizadas por grua e 9 por bomba - SP306: 23 concretagens, das quais 15 foram realizadas por grua, 2 por bomba e com auxílio de elevador + jérica

* Índice Trabalhado da Equipe: assim como a RUP, é calculado através da razão entre homens-hora e quantidade de serviço.

Fonte: Próprio autor (2011).

Quadro 3.4 – Valores de referência de produtividade na execução da concretagem da superestrutura (continuação)

REFERÊNCIA	RESULTADOS	CARACTERÍSTICAS RELEVANTES
TCPO (2008)	<ul style="list-style-type: none"> - RUP (estrutura) variando de 1,08 até 2,58 Hh/m³ com mediana de 1,65 Hh/m³ - RUP (pilar) variando de 0,70 até 5,13 Hh/m³ com mediana de 2,00 Hh/m³ - RUP (viga + laje) variando de 0,60 até 4,23 Hh/m³ com mediana de 1,54 Hh/m³ 	<ul style="list-style-type: none"> - Concretagem de pilares, vigas e lajes de estrutura
SOUZA (2010)	<ul style="list-style-type: none"> - RUP global variando de 1,03 (REC1047) até 9,20 Hh/m³ (REC1015) com mediana de 2,00 Hh/m³ - RUP potencial variando de 1,03 até 1,65 Hh/m³ com mediana de 1,21 Hh/m³ - RUP pilares variando de 1,03(REC1047) até 6,00 Hh/m³ (REC1079) com mediana de 2,13 Hh/m³ - RUP vigas + lajes variando de 1,11 (REC1023) até 9,20 Hh/m³ (REC1015) com mediana de 1,76 Hh/m³ 	<p>06 obras com estruturas em concreto armado. As obras que apresentaram resultados mais representativos estão citadas a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - REC1015: concretagens realizadas por bomba - REC1023: concretagens realizadas por bomba ou grua - REC1047: concretagens realizadas por bomba - REC1079: concretagens realizadas por bomba ou grua

Fonte: Próprio autor (2011).

Dantas (2006) descreve o estudo de sete obras localizadas no estado de São Paulo, todas executadas em estrutura reticulada em concreto armado. O levantamento da quantidade de serviço executada foi realizado da mesma forma adotada por Araújo (2000). Os homens-hora contabilizados foram os da equipe direta de produção. A análise dos resultados foi realizada de três maneiras: global, apenas pilares e vigas + laje. Esta análise permitiu a identificação dos fatores que afetaram a produtividade, a seguir estão apresentados alguns destes: número de vibradores, dia e período utilizado para concretagem, altura do pavimento, área da seção transversal do pilar, densidade de armadura da seção transversal, acabamento superficial da laje, equipamento de transporte interno, entre outros.

O TCPO (2008) define parâmetros de referência para a produtividade, para isso considera os fatores que podem causar o seu aumento ou diminuição. Para o serviço de concretagem, este livro considera como fatores influenciadores: seção transversal do pilar, colocação de armação de viga antes da concretagem dos pilares, altura do pavimento, acesso à boca do pilar, programação da concretagem, horário de entrega do concreto, troca de caminhões, local de descarregamento do concreto, dimensionamento da equipe, incentivo por tarefa, funcionamento do equipamento de transporte e condições de trabalho.

O estudo apresentado por Souza (2010) aborda seis obras localizadas na cidade de Recife/PE, onde foram analisadas 20 concretagens, das quais treze foram realizadas com a bomba como equipamento de transporte vertical e sete realizadas por grua. Para coleta da quantidade de serviço, este foi dividido em duas parcelas: concretagem de pilar e concretagem de viga + laje e os homens-hora computados foram os referentes às horas de trabalho da equipe direta.

Diante dos dados apresentados, é possível verificar que o melhor resultado para pilar é apresentado pela obra SP304 relatada por Dantas (2006), para vigas + lajes é o da obra SP120 descrita por Araújo (2000). No entanto, a análise comparativa destes resultados torna-se difícil devido a deficiência na descrição e caracterização das obras em estudo e às diferenças na forma de análise dos resultados.

3.6.2 Alvenaria de vedação

Segundo Araújo (2000), o custo com a mão de obra envolvida no serviço de alvenaria representa algo em torno de 50% dos custos totais. Este autor relata que ainda os profissionais que executam os subsistemas de estrutura e alvenaria são “fornecedores internos de inúmeros clientes internos relativos aos demais serviços que compõem uma obra de construção de edifícios”, relação esta amplamente difundida por pesquisadores que estudam o Sistema de Gestão da Qualidade – SGQ.

A importância das funções da alvenaria de vedação, bem como a influência exercida pela mão de obra envolvida, justifica a motivação em estudar a produtividade na execução deste serviço.

3.6.2.1 Como medir a produtividade

De acordo com o estudo em questão, o levantamento de dados contempla, exclusivamente, a fase de elevação da alvenaria de vedação. O indicador utilizado para medição é a RUP e sua unidade de medida é o Hh/m² (homem-hora por metro quadrado), ou seja, é o número de homens-hora demandados para execução de um metro quadrado de alvenaria. Sendo assim para padronizar a coleta dos dados de entrada, a quantidade de homens envolvidos neste serviço poderá ser considerada das seguintes formas (SOUZA, 2000):

- somente os oficiais que assentam blocos/tijolos;
- toda a mão de obra direta no local de assentamento, incluindo os serventes do pavimento;
- a mão de obra direta no local de assentamento, incluindo a mão de obra de apoio, onde se incluiriam os ajudantes que participam do serviço com funções complementares, como: produção e transporte de argamassa, transporte de blocos e descarregamento de materiais e componentes, caso necessário;
- toda a equipe envolvida (equipe global), incluindo até mesmo o encarregado.

Para a alvenaria, o número de horas trabalhadas pode ser considerado das três formas citadas no item 3.6.2.1, visto que se trata de um serviço onde, durante a sua execução, normalmente a mão de obra é dedicada de forma exclusiva a este serviço.

Quanto ao levantamento dos dados de saída, este segue o mesmo princípio adotado para a quantificação do serviço utilizada no consumo de unitário de materiais.

O período a que se refere o levantamento de dados pode ser:

- de curta duração, como um dia (RUP diária) ou mesmo uma semana de execução (RUP periódica); ou
- de longa duração, como a conclusão de um pavimento (RUP cíclica), um mês ou, até mesmo, durante toda a execução do serviço.

3.6.2.2 *Fatores influenciadores*

No tocante a produtividade na execução da alvenaria de vedação, vários fatores podem influenciar a sequência de produção deste serviço. A seguir são citados e descritos alguns dos fatores mais relevantes (Quadro 3.5).

Ao longo do estudo realizado por Araújo (2000) foram identificadas 49 razões que poderiam interferir na produtividade, dentre as quais 46 aplicáveis a alvenaria de vedação. Inicialmente, nove fatores foram julgados relevantes na análise deste autor e, a partir da verificação da relação entre estes fatores e a sua influencia na produtividade, constatou-se a interferência significativa de cinco fatores, quais sejam: o peso médio dos blocos, a densidade de alvenaria interna, a mediana da altura das paredes, o prazo para a conclusão do pavimento e o preenchimento das juntas verticais.

O TCPO (2008) indica fatores intervenientes da produtividade para o serviço de assentamento da alvenaria, porém apresenta estes fatores em função dos tipos de componentes adotados. Para esta pesquisa, em particular, foram adotados os fatores influenciadores citados para alvenaria de vedação, com foco em blocos e tijolos. De acordo os fatores apontados, pôde-se constatar que os fatores intervenientes estão atrelados a: especificações do projeto arquitetônico e específico para alvenaria, satisfação da equipe e planejamento do serviço.

Quadro 3.5 – Fatores que influenciam produtividade da elevação da alvenaria de vedação.

REFERÊNCIA	POTENCIAIS FATORES INFLUENCIADORES	
ARAÚJO (2000)	<ul style="list-style-type: none"> - Forma de fixação vertical alvenaria/pilar - Forma de fixação vertical alvenaria/alvenaria - Forma de fixação horizontal alvenaria/viga-laje - Tipo de amarração dos componentes - Preenchimento das juntas verticais - Vãos de janelas - Vãos de portas - Tipo de vergas e contravergas - Tipo de bloco - Dimensão do bloco - Resistência do bloco - Peso do bloco - Uso de componentes especiais - Local de produção da argamassa - Forma de produção da argamassa - Materiais empregados na produção da argamassa - Local de produção do graute - Forma de produção do graute - Materiais constituintes do graute - Forma de contratação dos serviços - Forma de pagamento do subempreiteiro - Forma de pagamento do operário - Jornada de trabalho - Forma de controle de presença - Alojamento dos operários - Benefícios oferecidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Equipamentos para prumo - Equipamentos para nivelamento - Equipamentos para esquadro - Equipamentos para alinhamento - Ferramentas para assentamento - Equipamentos para sustentação provisória - Equipamento para transporte de blocos - Equipamento para transporte de argamassa - % alvenaria externa em relação à alvenaria interna - pavimento tipo - Mediana do comprimento das paredes - Mediana da altura das paredes - Porcentagem das espessuras - Densidade de paredes - pav. Tipo - externa; interna; total - Angulação das paredes - Área abertura de portas - pav. Tipo - Abertura vão <= 2 m - Área abertura de portas - pav. Tipo Abertura vão > 2 m - Área abertura de janelas - pav. Tipo - Abertura vão <= 2,5 m - Área abertura de janelas - pav. Tipo Abertura vão > 2,5 m - Área total de aberturas - pav. Tipo - m² de alvenaria por pavimento - Prazo para conclusão do pavimento
TCPO (2008)	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo de componente - Preenchimento de juntas verticais - Densidade da alvenaria - m² de parede / m² de piso - Altura das paredes - Espessuras das paredes - Prazos para execução do pavimento 	<ul style="list-style-type: none"> - Rotatividade da mão de obra - Cumprimento do pagamento acordado - Disponibilidade de materiais - Disponibilidade do equipamento de transporte vertical
PINHO (2010)	<ul style="list-style-type: none"> - Projeto de alvenaria - Tipo do bloco/tijolo - Peso dos blocos/tijolos - Preenchimento das juntas verticais - Regime de construção - Aberturas de portas e janelas - Espessura das paredes 	<ul style="list-style-type: none"> - Rotatividade da mão de obra - Disposição da argamassa - Disponibilidade de materiais - Fase da alvenaria - Complexidade do projeto arquitetônico

Fonte: Próprio autor (2012).

Pinho (2010) relata a coleta e análise dos dados relativos à produtividade da mão de obra em duas obras de processos construtivos diferentes (tradicional e racionalizado). Nesta pesquisa, buscou-se não somente o levantamento de dados quantitativos, mas também a identificação

dos fatores que interferiram na execução do serviço (Quadro 3.5). Os resultados encontrados demonstraram que a produtividade da mão de obra no processo construtivo tradicional foi melhor que no racionalizado, isto se deve, entre outros motivos, a inexperiência dos funcionários na utilização do projeto específico para alvenaria de vedação. Além disso, constatou-se uma melhor qualidade do produto final na obra de alvenaria racionalizada. Isto indica que a busca por melhor produtividade sem controle de qualidade pode gerar deficiências na qualidade produto final.

Diante deste contexto, verifica-se que é ampla a gama de fatores que podem interferir na produtividade da mão de obra na elevação da alvenaria de vedação. A partir os fatores citados no Quadro 3.5, é possível apontar algumas práticas que podem melhorar a produtividade da mão de obra, quais sejam: planejamento do serviço; satisfação dos funcionários; especificação de materiais/componentes e formas de produção que facilitem o andamento do serviço. Além disso, a adequação do projeto visando facilitar a execução dos serviços, também, pode ser fator relevante para a melhoria da produtividade.

3.6.2.3 Valores de referência

No Quadro 3.6 são apresentados resultados em experiências/estudos anteriores relacionados à produtividade da mão de obra na execução da alvenaria. Em todas as experiências apresentadas a produtividade da mão de obra foi mensurada a partir da Razão Unitária de Produção (RUP) medida em Hh/m², conforme apresentado anteriormente. No entanto, as particularidades dos estudos remetem à necessidade de se comparar criteriosamente estes resultados.

No estudo realizado por Carraro (1998), o período adotado para coleta de dados durante a execução da alvenaria foi de 25 dias. A partir da análise dos resultados verificou-se que, com relação ao contexto do trabalho, os fatores que influenciaram negativamente a produtividade foram: as condições meteorológicas, a necessidade de retrabalhos e ociosidade dos trabalhadores em função da folga no cronograma.

Quadro 3.6 – Valores de referência de produtividade na execução da alvenaria.

REFERÊNCIA	RESULTADOS	CARACTERÍSTICAS RELEVANTES
CARRARO (1998)	- Mediana das RUPs diárias 1,15 Hh/m ²	- Elevação da alvenaria de vedação com blocos de concreto - Edifício residencial de 15 pavimentos-tipo
CARRARO E SOUZA (1998)	- RUP potencial de 0,75 (equipe 01) e 0,80 Hh/m ² (equipe 02) - RUP cumulativa de 0,82 (equipe 01) e 1,05 Hh/m ² (equipe 02)	- Marcação e elevação da alvenaria de vedação com blocos cerâmicos - Edifício residencial de 18 pavimentos-tipo
LORDSLEEM JR. E SOUZA (1999)	- RUP diária variando de 0,79 até 2,56 Hh/m ² - Mediana da RUP diária de 1,80 Hh/m ² - Mediana da RUP potencial de 1,30 Hh/m ²	- Alvenaria de vedação tradicional com bloco cerâmico 14x19x29 cm - Junta vertical não preenchida
ARAÚJO (2000)	- RUP potencial variando de 0,62 (SP 21) até 1,18 Hh/m ² (SP28) - RUP cumulativa varia de 0,80 (SP21) até 1,45 Hh/m ² (SP62) - Mediana da RUP de elevação: 0,80 Hh/m ² (potencial) e 1,10 Hh/m ² (cumulativa)	09 obras de características bastante distintas, onde as que tiveram resultados mais relevantes estão caracterizadas abaixo: - SP21: edifício residencial de 12 pavimentos-tipo com alvenaria estrutural de bloco de concreto de 14x19x39 cm e junta vertical não preenchida; - SP28: edifício comercial de 12 pavimentos-tipo com alvenaria de vedação de bloco cerâmico de 19x39 cm com espessuras variáveis (09, 11,5, 14 e 19) e junta vertical preenchida; - SP62: edifício residencial de 12 pavimentos-tipo com alvenaria de vedação de bloco cerâmico de 14x19x39 cm e junta vertical não preenchida.
TCPO (2008) Produtividade variável	Equipe direta de produção (pedreiro + servente): - RUP mínima: 0,82 Hh/m ² (0,51 + 0,31 Hh/m ²) - RUP mediana: 1,14 Hh/m ² (0,71+0,43 Hh/m ²) - RUP máxima: 1,57 Hh/m ² (0,98+0,59 Hh/m ²)	- Alvenaria de blocos para vedação
LORDSLEEM JR. (2009)	- RUP diária variando de 0,88 até 4,00 Hh/m ² - Mediana da RUP diária de 1,51 Hh/m ² - RUP cumulativa de 1,63 Hh/m ² - RUP potencial de 1,30 Hh/m ²	- Alvenaria de vedação com bloco de concreto 9x19x39 cm - Junta vertical preenchida
PINHO (2010)	- RUP diária variando de 0,75 até 3,80 Hh/m ² - Mediana da RUP diária de 1,52 Hh/m ² - RUP potencial de 1,26 Hh/m ²	- Alvenaria de vedação com bloco cerâmico 9x19x39 cm - Junta vertical preenchida

Fonte: Próprio autor (2011).

Outro estudo realizado por Carraro e Souza (1998) apresenta dados relativos a coletas realizadas em uma obra, porém com diferentes equipes de trabalho. Para levantamento dos resultados foram adotados os seguintes parâmetros: a quantidade de serviço coletada foi referente à área líquida da marcação e elevação da alvenaria e os homens-hora computados foram todos os envolvidos nas atividades deste serviço, marcação, elevação e transporte. Como resultado, a partir da RUP cumulativa, constatou-se que a ‘equipe 2’ utilizou 28% mais mão de obra que a ‘equipe 1’ para execução do mesmo serviço. Desta forma, acredita-se que os prováveis fatores que provocaram uma menor produtividade da ‘equipe 2’ foram a descontinuidade dos serviços e o fato de que esta equipe era novata na obra em questão.

Lordsleem Jr. e Souza (1999) aborda a produtividade durante a marcação, elevação e fixação da alvenaria, em um estudo realizado por um período de treze dias, onde a análise dos resultados permitiu identificar o planejamento inadequado das atividades do canteiro, a ausência de uma sequência de trabalho e a deficiência nas relações patrão-empregado como principais fatores que afetaram a produtividade.

Araújo (2000) relata o estudo realizado em nove obras localizadas no estado de São Paulo, das quais duas foram executadas em alvenaria estrutural e as demais em estrutura reticulada em concreto armado e alvenaria de vedação. O levantamento dos dados apresentados no Quadro 3.6 foi padronizado da seguinte maneira: a quantidade de serviço coletada foi a correspondente a área líquida e os homens-hora computados foram os relativos às horas de trabalho da equipe de produção direta da elevação da alvenaria. Diante dos resultados e das características de cada obra avaliada, este autor pode verificar que os fatores que mais influenciaram a produtividade da alvenaria, principalmente a RUP potencial, foram: o peso médio dos blocos, a densidade de alvenaria interna, a mediana da altura das paredes, o prazo para conclusão do pavimento e o preenchimento ou não das juntas verticais.

O TCPO (2008) aborda a produtividade de forma variável, considerando que “fatores levam a uma expectativa pior, ou melhor, quanto ao valor do indicador de produtividade”. Para a alvenaria de blocos para alvenaria de vedação, este livro considera os seguintes fatores influenciadores: preenchimento de juntas verticais, densidade das paredes de alvenaria interna, mediana da altura das paredes, prazo para execução de um pavimento, espessura das paredes, rotatividade da mão de obra, disponibilidade de materiais, pagamento dos

funcionários, pagamento dos funcionários e disponibilidade do equipamento de transporte vertical.

No estudo realizado por Lordsleem Jr. (2009), o período adotado para coleta de dados durante a execução da alvenaria foi de 47 dias. Para levantamento dos resultados foram adotados os seguintes parâmetros: a quantidade de serviço coletada foi a área líquida da alvenaria e os homens-hora computados foram os envolvidos na execução deste serviço. O autor apresenta os possíveis fatores que influenciadores da produtividade: ritmo de produção do empreendimento (maior prazo para conclusão do pavimento), preenchimento das juntas verticais, caracterização geométrica das paredes (presença de algumas paredes curvas e curtas), densidade de parede e peso dos blocos.

A pesquisa realizada por Pinho (2010) apresenta o estudo de uma obra onde foi mensurada produtividade da mão de obra na execução da elevação da alvenaria de vedação com blocos cerâmicos durante o período de 25 dias. Para a coleta de dados, a quantidade de serviço mensurada foi a área líquida de alvenaria produzida e os homens-hora contabilizados foram os envolvidos na equipe direta de produção, ou seja, aqueles envolvidos diretamente no serviço, pedreiros e serventes presentes no pavimento de execução. A análise dos resultados permitiu identificar alguns dos fatores que influenciaram negativamente a produtividade obtida, foram estes: preenchimento de juntas verticais, rotatividade da mão de obra, peso dos blocos, prazos de execução, fase da alvenaria (primeiros pavimentos) e, principalmente, adaptação da mão de obra a nova forma de trabalho, visto que esta obra foi pioneira ao aplicar em Recife a tecnologia da racionalização construtiva direcionada ao uso dos blocos cerâmicos.

Diante dos resultados apresentados, foi possível verificar que o melhor resultado apresentado com relação à execução da alvenaria foi o apresentado pela obra SP 21 do estudo descrito por Araújo (2000) referente à alvenaria estrutural. No entanto, como este trabalho não tem como foco principal a avaliação da alvenaria estrutural, cabe citar que os melhores resultados para execução da alvenaria de vedação foram os obtidos pela obra mencionada por Carraro e Souza (1998), o que ratifica a necessidade de melhorias na produtividade da mão de obra deste tipo de alvenaria.

A ‘equipe 1’ da obra relatada por Carraro e Souza (1998) tem a melhor RUP cumulativa e consegue mantê-la próxima a sua RUP potencial, demonstrando que esta equipe pode manter o ritmo de trabalho sem grandes variações na produção.

3.6.3 Revestimento de emboço de fachada

Nakakura (2005) descreve o estudo de caso realizado em um edifício da cidade de Vitória/ES, onde, dentre outros resultados, foram avaliados os custos envolvidos na execução do revestimento de argamassa, preparo da base, chapisco e aplicação do emboço. Através dos resultados obtidos neste estudo, verifica-se que o custo da mão de obra (56,59%) e o custo do material da argamassa de emboço (39,22%), o que indica a grande representatividade destes itens com relação ao custo total do revestimento de argamassa.

Diante do contexto apresentado, verifica-se a relevância dos custos envolvidos pela mão de obra do revestimento de emboço, ficando evidente a importância do estudo da mão de obra envolvida na execução deste serviço.

3.6.3.1 Como medir a produtividade

A padronização do levantamento de dados da produtividade no serviço de revestimento de emboço possui características bastante semelhantes às de execução da elevação da alvenaria. O indicador de mensuração da produtividade é a RUP, mensurada em Hh/m² (homem-hora por metro quadrado), fornecendo como resultado a quantidade de homens-hora utilizados para executar um metro quadrado de revestimento. Desta forma, a contabilização da quantidade de homens para execução deste serviço pode ser realizada das seguintes maneiras:

- somente os pedreiros que executam o revestimento;
- a mão de obra diretamente envolvida, ou seja, inclui-se os serventes que auxiliam os pedreiros no local de execução, por exemplo, nas balanças (equipe direta);
- a equipe direta de produção, incluindo a equipe de apoio, que participa de atividades complementares, como a produção e transporte de argamassa de emboço;

- toda a equipe envolvida no serviço, incluindo também o encarregado/supervisor do serviço.

Quanto ao número de horas trabalhadas, assim como a alvenaria, este pode ser computado de três maneiras, conforme o item 3.6.2.1 deste trabalho.

A quantidade de serviço de emboço é medida em m² (metros quadrados), podendo ser mensurada pelas maneiras a seguir:

- área líquida, ou seja, a área efetivamente revestida;
- área bruta, considerando toda a área produzida sem descontos dos vãos de aberturas, dos requadros dos caixilhos e portas.

Com relação ao período de estudo, o levantamento de dados ser de curta ou longa duração, ou seja, pode ser diário, semanal, mensal, por pavimento executado ou durante toda a execução do serviço, assim como os períodos da alvenaria.

3.6.3.2 Fatores influenciadores

A produtividade na execução do revestimento de emboço de fachada pode ser afetada por vários fatores. A seguir são citados e descritos alguns dos mais relevantes (Quadro 3.7).

Costa (2005) cita, ao longo da descrição das obras estudadas, alguns dos fatores que podem influenciar a produtividade da mão de obra na execução do revestimento de fachada. Diante dos resultados encontrados neste estudo, esta autora concluiu que o melhor desempenho se deu em função do uso tipo de andaimes (elétricos) e de argamassa (industrializada) utilizados. Em contrapartida, o pior resultado apresentado foi influenciado pelas discontinuidades das fachadas, pela grande quantidade de detalhes construtivos e pela forma de contratação dos funcionários.

Quadro 3.7 – Fatores que influenciam produtividade do revestimento de emboço de fachada.

REFERÊNCIA	POTENCIAIS FATORES INFLUENCIADORES	
COSTA (2005)	<ul style="list-style-type: none"> – Falta de planejamento das operações – Tipo de argamassa – Tipo de andaime – Espessura excessiva da camada de revestimento – Acabamento superficial – Disponibilidade de materiais – Descontinuidade nas fachadas 	<ul style="list-style-type: none"> – Disponibilidade do equipamento para transporte vertical de materiais – Detalhes construtivos – Dimensionamento da equipe – Treinamento da equipe – Ociosidade da mão de obra – Forma de pagamento da equipe
SOUZA (2006)	<ul style="list-style-type: none"> – Tipo de acabamento – Tipo de aplicação (manual ou projetado) – Quantidade de cheias – Execução prévia de referência geométrica – Área líquida característica das paredes a revestir – Quantidade de quinas e cantos por área executada – Duração do serviço – Falta de frente de trabalho 	<ul style="list-style-type: none"> – Falta de material – Problemas com equipamentos – Relação de ajudantes diretos por oficial – Espessura real de revestimento – Fornecimento de argamassa – Tipo de andaime – Forma de pagamento – Condições meteorológicas – Andares extremos complexos – Projeto bem definido
TCPO (2008)	<ul style="list-style-type: none"> – Quantidade de quinas e requadros – Área disponível para execução por oficial por andar – Espessura da camada do revestimento – Jateamento bem utilizado – Disponibilidade de materiais – Disponibilidade de água – Falta de energia – Ocorrência de chuva 	<ul style="list-style-type: none"> – Rotatividade da mão de obra – Complexidade do serviço – Duração do serviço – Dificuldade no início e fim da fachada – Funcionamento do equipamento de transporte – Funcionamento do equipamento de mistura da argamassa – Satisfação dos operários

Fonte: Próprio autor (2012).

Souza (2006) descreve vários fatores potencialmente intervenientes da produtividade da mão de obra para diversos serviços, sendo alguns destes fatores aplicáveis aos revestimentos de fachada. Este autor relata que a produtividade sob o ponto de tradicional e inovador, este último vai ao encontro da metodologia adotada pelo TCPO (2008) que aborda a produtividade de forma variável. Estes livros consideram fatores intrínsecos ao serviço, em função das características do produto a ser construído e fatores que dependem do planejamento executivo.

Diante do exposto, verifica-se que o serviço de revestimento de emboço de fachada pode se tornar mais produtivo a partir da adoção de ações como: treinamento e dimensionamento adequado da equipe, buscando atender às suas necessidades; e planejamento da execução do serviço, fornecendo subsídios para o desenvolvimento deste.

3.6.3.3 *Valores de referência*

Os dados apresentados através do Quadro 3.8 são resultantes de experiências/estudos anteriores referentes à produtividade da mão de obra na execução do revestimento de argamassa de fachada. Nas experiências apresentadas a produtividade foi mensurada através da relação entre homens-hora e quantidade de serviço e a unidade de medida foi Hh/m². Contudo, a comparação dos resultados deve ser realizada com critério, uma vez que cada estudo possui as suas particularidades.

O estudo descrito por Araújo e Souza (2000) apresenta duas obras de edifícios residenciais, onde foram mensuradas as produtividades da mão de obra. A padronização da metodologia para a coleta de dados foi realizada da seguinte forma: os homens-hora computados foram os referentes aos oficiais, serventes e encarregado envolvidos exclusivamente na execução do serviço em estudo e a quantidade de serviço considerada como a área líquida de superfície revestida. De acordo com os resultados e características das obras avaliadas, estes autores consideram alguns fatores relevantes, quais sejam: mau dimensionamento da equipe, excesso de requadros e arremates de janelas, condições climáticas e variabilidade da espessura do revestimento.

Este autor ainda relata que na obra E a aplicação da argamassa foi realizada através de jateamento, o que deveria aumentar a velocidade de produção do serviço, porém o mau dimensionamento da equipe causou redução na produtividade. Isto demonstra a importância da gestão na produtividade da mão de obra.

Costa (2005) descreve o estudo de oito obras residenciais onde foi mensurada produtividade da mão de obra para execução do revestimento de fachada. Para levantamento dos resultados foram adotados os seguintes parâmetros: a quantidade de serviço contabilizada foi a área líquida de superfície revestida e os homens-hora considerados foram os referentes às horas de trabalho da equipe direta da execução do serviço. Os resultados apresentados no Quadro 3.8 retratam a realidade das obras estudadas e através destes o autor pode identificar alguns dos seguintes fatores como influenciadores da produtividade: configuração da equipe, tipo de argamassa, tipo de andaime e dificuldades construtivas.

Quadro 3.8 – Valores de referência de produtividade na execução de revestimento de fachada.

REFERÊNCIA	RESULTADOS	CARACTERÍSTICAS RELEVANTES
ARAÚJO E SOUZA (2000)	<p>Obra D</p> <ul style="list-style-type: none"> - RUP diária variando de 1,30 até 13,96 Hh/m² - RUP cumulativa de 2,09 Hh/m² - Mediana das RUPs diárias de 2,06 Hh/m² <p>Obra E</p> <ul style="list-style-type: none"> - RUP diária variando de 1,53 até 2,28 Hh/m² - RUP cumulativa de 2,23 Hh/m² - Mediana das RUPs diárias de 2,01 Hh/m² 	<p>02 obras de características distintas, quais sejam:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obra D: edifício residencial de 05 pavimentos-tipo, utilizando argamassa produzida a partir de argamassa intermediária e transportada por jericas/elevador de obras; - Obra E: edifício residencial de 17 pavimentos-tipo, utilizando argamassa industrializada fornecida em silos e transportada até o pavimento por bombeamento a seco.
COSTA (2005)	<ul style="list-style-type: none"> - IP* final variando entre 0,99 (Obra Y) e 2,32 Hh/m² (Obra A) - Média dos IPs finais de elevação: 1,38 Hh/m² 	<p>08 obras localizadas na cidade de Porto Alegre/RS. As obras que apresentaram resultados mais representativos estão citadas a seguir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obra Y: edifício residencial de 12 pavimentos-tipo com acabamento superficial desempenado, utilizando argamassa industrializada fornecida em sacos; - Obra A: 05 casas residenciais de 03 pavimentos + subsolo com acabamento superficial desempenado e feltrado, utilizando argamassa produzida em obra.
DIOGO (2007)	<ul style="list-style-type: none"> - RUP diária da equipe direta variando de 0,6 até 27,00 Hh/m² (Obra B) - Mediana das RUP diária da equipe direta de 1,58 Hh/m² - RUP cumulativa da equipe direta variando de 1,24 (Obra A) até 2,28 Hh/m² (Obra D) - Mediana das RUPs cumulativa da equipe direta de 1,78 Hh/m² 	<p>04 obras com estruturas reticuladas em concreto armado e alvenaria com blocos cerâmicos. As obras que tiveram resultados mais relevantes estão caracterizadas abaixo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Obra A: edifício residencial de 20 pavimentos-tipo, utilizando argamassa industrializada e equipe direta de produção de 04 serventes para 06 oficiais; - Obra D: Obra A: edifício residencial de 14 pavimentos-tipo, utilizando argamassa preparada no local e equipe direta de produção de 02 serventes para 05 oficiais.
TCPO (2008) Produtividade variável	<p>Equipe direta de produção (pedreiro + servente):</p> <ul style="list-style-type: none"> - RUP mínima: 0,64 Hh/m² (0,40 + 0,24 Hh/m²) - RUP mediana: 1,26 Hh/m² (0,79 + 0,47 Hh/m²) - RUP máxima: 4,16 Hh/m² (2,60 + 1,56 Hh/m²) 	<ul style="list-style-type: none"> - Revestimento externo de paredes com argamassa - revestimento básico

*IP: Indicador de Produtividade. O IP é calculado como uma RUP cíclica, onde os ciclos têm duração uma semana, mas a autora não explica como é calculado o valor final do IP exposto como resultado.

Fonte: Próprio autor (2011).

Além dos fatores identificados pelo autor, podem ser verificadas outras características potencialmente influenciadoras dos resultados, como: a forma de pagamento dos operários (por hora ou por m²) e momento de colocação das taliscas (antes do início do serviço ou durante a sua execução).

Na pesquisa feita por Diogo (2007) são analisadas quatro obras localizadas na cidade de Santos/SP, onde foram realizadas 20 coletas de dados em cada uma destas. Para tanto, a mensuração foi padronizada de maneira que foram contabilizados como homens-hora apenas os oficiais da execução do serviço e como quantidade de serviços apenas a área efetivamente executada. A análise dos resultados foi realizada por meio de RUPs diárias e RUPs cumulativas. Através desta análise, identificaram-se os fatores que afetaram negativamente a produtividade, principalmente, na obra D, são eles: o tipo de argamassa utilizada (preparada na obra), dimensionamento da equipe (provável insuficiência de serventes), condições climáticas (chuva), excesso de detalhes construtivos (requadros e molduras) e problemas na preparação da argamassa (problemas no misturador).

Conforme citado nos itens 3.6.1.3 e 3.6.2.3, o TCPO (2008) assinala valores da produtividade da mão de obra de forma variável, ou seja, a produtividade possui uma faixa de valores e estes podem ser adotados para cada caso particular em função das características do serviço. Considerando o revestimento básico, predominantemente liso, do serviço de revestimento externo de parede de argamassa, este livro aponta como os seguintes fatores como potencialmente influenciadores da produtividade na mão de obra: presença de quinas e requadros, área disponível para execução por oficial por andar, espessura do revestimento, uso do jateamento, disponibilidade de materiais, água e energia, rotatividade de operários, complexidade e duração dos serviços, dificuldade no início e final da fachada, disponibilidade de equipamento de transporte ou de mistura e pagamento dos operários.

A análise comparativa dos dados apresentados por estes estudos deve ser realizada com bastante critério, uma vez que apesar de utilizarem a mesma forma de contabilização da quantidade de serviço realizada (área líquida), a contabilização dos homens-hora é realizada de formas diferentes. Desta forma, a análise dos resultados permite identificar que a obra Y descrita por Costa (2005) e a obra A relatada por Diogo (2007) apresentam dados próximos aos presentes no TCPO (2008).

4 PROGRAMA DE INDICADORES DE DESEMPENHO

Este capítulo trata do programa de indicadores de desempenho para tecnologias construtivas à base de cimento (PROGRIDE) em duas partes: a primeira aborda a metodologia da pesquisa de campo adotada para a descrição do desenvolvimento do programa; e a segunda apresenta e analisa os resultados ao longo de toda a fase de estruturação e implantação do programa.

Inicialmente, é descrita a metodologia da pesquisa de campo e, posteriormente, os resultados são apresentados e analisados, descrevendo-se a estruturação do PROGRIDE que se subdividiu em três etapas: definição do programa, que consistiu na escolha dos indicadores e da metodologia padronizada para coleta de dados, bem como o detalhamento do método de cálculo de cada indicador; desenvolvimento do manual de indicadores, ferramenta utilizada pelas empresas participantes do programa para a coleta e o processamento dos dados; e a seleção das empresas participantes do projeto.

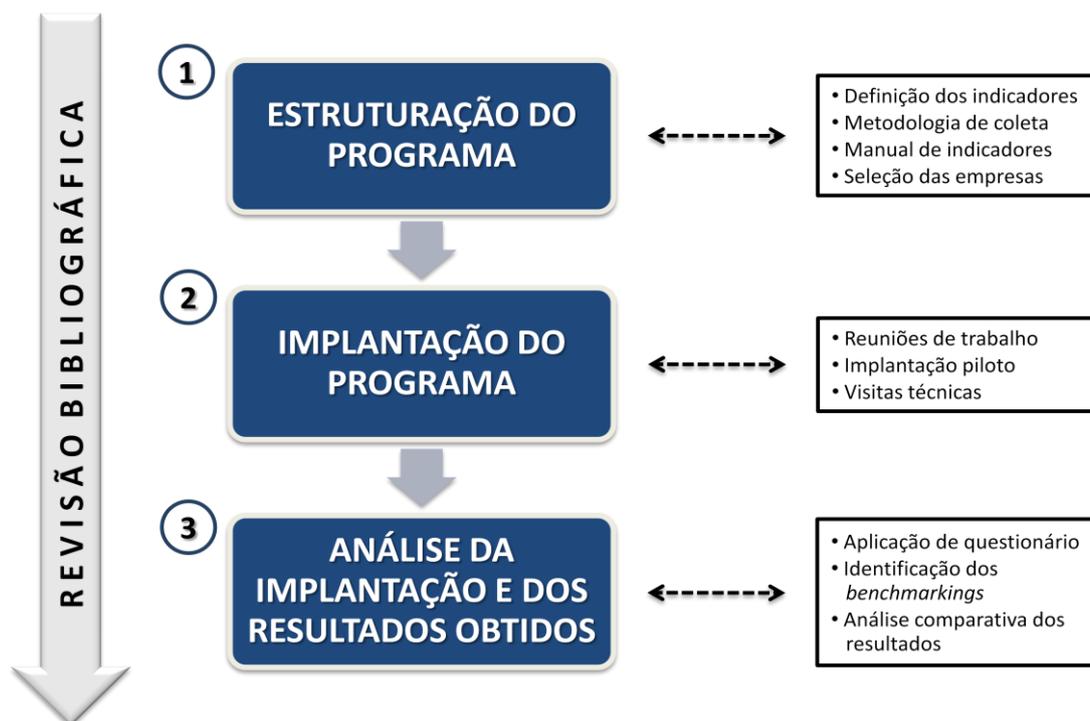
Em seguida, apresenta-se o acompanhamento da implantação do programa, que foi iniciado com a implantação piloto pelo grupo de pesquisadores e findou-se com a implantação efetiva do programa junto às empresas construtoras participantes.

Por fim, é realizada uma análise da implantação do programa, onde são apresentados aspectos relevantes sobre coleta de dados e uma avaliação do programa pelas empresas participantes. Além disso, é descrita a análise dos resultados obtidos, buscando apontar as melhores práticas encontradas e avaliá-las comparativamente com os valores de referência.

4.1 Metodologia do programa

A metodologia do programa foi desenvolvida em três etapas, conforme Figura 4.1: a) estruturação do programa; b) implantação; e c) análise da implantação e dos resultados obtidos. Cabe ressaltar que a pesquisa bibliográfica acompanhou todas as etapas do programa, servindo como embasamento teórico para todo o seu desenvolvimento.

Figura 4.1 - Delineamento da metodologia do programa



Fonte: Próprio autor (2012).

A seguir são descritas cada uma das etapas citadas (estruturação, implantação e análise da implantação e dos resultados obtidos) pertinentes à metodologia da pesquisa de campo.

a) Estruturação do programa

A estruturação do programa teve início com a definição dos indicadores padrão (Quadro 4.1), que foi baseada em estudo bibliográfico, contemplando a verificação de metodologias para coleta de dados e valores de referência. Além disso, levou-se em consideração a influência das tecnologias construtivas à base de cimento sobre a execução da obra. Dentro deste contexto, ressalta-se que os serviços abordados pelo programa apresentam relevância ou influência no custo total do empreendimento e podem fazer parte do caminho crítico da obra.

Selecionados os indicadores padrão, procurou-se estabelecer o método de coleta a ser adotado. A escolha da metodologia foi baseada em: clareza, facilidade de entendimento do método de cálculo do indicador; objetividade e aplicabilidade, visando à coleta rápida e eficaz; e praticidade, obtida através da adoção de um método no qual as informações para o cálculo dos indicadores fossem de fácil obtenção e exigissem o mínimo de esforço adicional

ao responsável pela coleta. Estes critérios foram considerados fundamentais, uma vez que o método de coleta seria utilizado por construtoras e não somente no âmbito acadêmico.

Quadro 4.1 - Definição dos indicadores padrão

TECNOLOGIA	SERVIÇO	MATERIAL	INDICADOR PADRÃO
Estrutura de concreto	Concretagem	Concreto	1. Consumo 2. Perda 3. Produtividade
Alvenaria de vedação	Elevação	Bloco Argamassa Industrializada	
Revestimento de fachada	Emboço	Argamassa Industrializada	

Fonte: Próprio autor (2012).

A partir da definição da metodologia básica de coleta foi desenvolvido o manual de indicadores (Apêndice A), que contemplou um conjunto de nove cadernos para auxiliar a coleta de dados e caracterizar a empresa construtora, o empreendimento e os insumos/serviços em estudo.

Finalizada a definição dos indicadores padrão, do método de coleta e desenvolvimento do manual de indicadores, conforme citado anteriormente, buscou-se mobilizar as construtoras vinculadas à Comunidade da Construção de Recife/PE, mais especificamente, envolvidas no 5º ciclo de atividades. Para tanto, foi realizada no mês setembro/2011 uma reunião inicial que teve como finalidade apresentar o foco, os objetivos e as metas do programa.

Nesta reunião foi realizado o cadastramento das empresas interessadas em aderir ao projeto, somando um total de 15 construtoras, o que representa 51,72% das empresas envolvidas no 5º ciclo da Comunidade da Construção de Recife/PE. Cabe destacar que a ficha cadastral preenchida por cada construtora, abordou uma breve caracterização das empresas, o seu nível de interesse em aderir ao projeto e quais os indicadores a empresa possuía interesse em mensurar.

b) Implantação do programa

A implantação do programa foi composta de duas etapas desenvolvidas em paralelo: implantação do programa no âmbito da Comunidade da Construção de Recife junto às 15

empresas construtoras participantes, contemplando reuniões de trabalho e visitas técnicas, e implantação piloto dos indicadores em campo.

A implantação do programa junto às empresas contemplou, dentre outras atividades, a realização de três reuniões de trabalho (Figura 4.2) entre os meses de outubro e novembro/2011, sendo uma reunião para cada tecnologia construtiva adotada. Estas reuniões tiveram como objetivo orientar as empresas construtoras as seguintes informações: objetivo do programa, indicadores padrão, valores de referência para cada indicador, método de coleta, manual de indicadores e sua forma de preenchimento. Além disso, estas reuniões auxiliaram no esclarecimento de dúvidas das construtoras acerca do programa de indicadores.

Figura 4.2 - Reunião de trabalho para apresentação do método de coleta dos indicadores.



Fonte: Próprio autor (2011).

A implantação piloto dos indicadores foi realizada em três diferentes obras da cidade de Recife/PE. Para realização desta implantação, as empresas construtoras precisavam apresentar interesse pela implantação do programa e participar do 5º ciclo da Comunidade da Construção, além disso, a obra disponível precisaria ter a tecnologia construtiva em execução durante todo o período de coleta e fornecer as informações necessárias para compilação dos resultados.

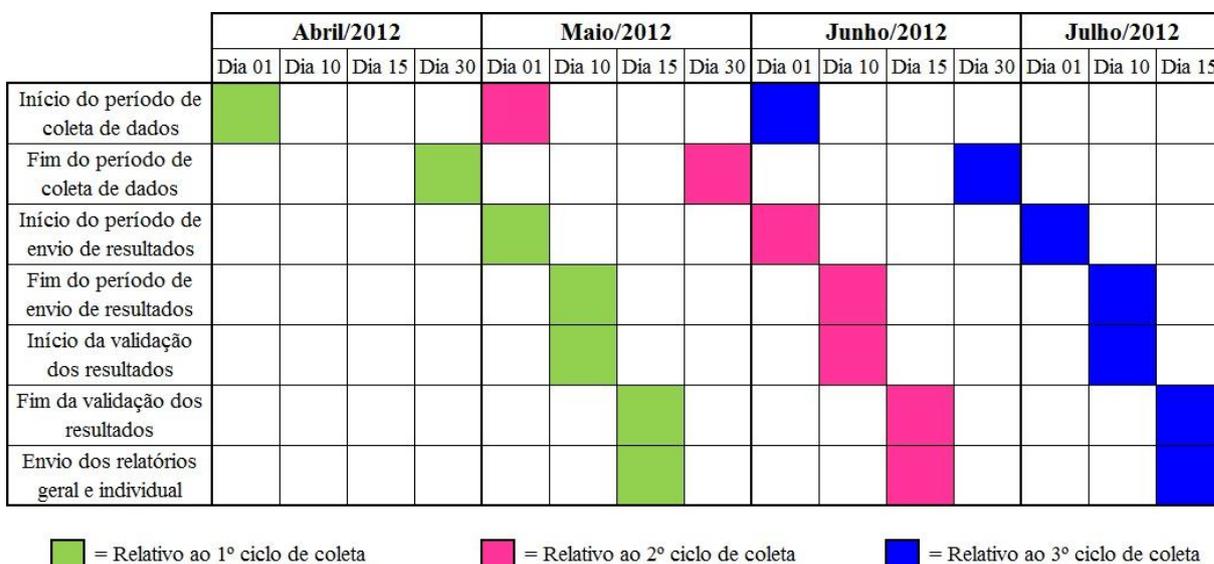
Cabe ressaltar que a implantação piloto consistiu no levantamento dos indicadores padrão em empresas construtoras, visando atestar a aplicabilidade dos indicadores adotados e das

planilhas desenvolvidas para a coleta dos dados (manual de indicadores), além de avaliar o método de coleta, buscando sentir as dificuldades que a metodologia poderia trazer e observar a necessidade de ajustes. A partir do acompanhamento desta implantação, foi possível realizar ajustes no manual de indicadores, a fim de facilitar a coleta de dados, sem prejudicar a integridade dos indicadores.

Desta forma, após o encerramento do período de coletas dos indicadores de cada tecnologia construtiva selecionada, foram realizadas três visitas técnicas em obra, onde foi possível expor os pontos críticos encontrados durante a implantação, apresentar detalhadamente a forma de coleta com exemplos práticos e dirimir quaisquer dúvidas.

Finalizada a etapa de visitas técnicas, deu-se início a efetiva implantação do programa nas empresas com a coleta de dados em campo, seguindo o cronograma de atividades apresentado na Figura 4.3.

Figura 4.3 – Cronograma de atividades do programa



Fonte: Próprio autor (2012).

De acordo com este cronograma, é possível verificar que o período de coleta de dados contemplava desde o 1º ao último dia do mês; o período de envio dos resultados das empresas se iniciava no 1º dia e encerrava no 10º dia do mês subsequente; o período de validação dos resultados começava junto com o período de envio de resultados e era finalizado no 15º dia do

mesmo mês, quando eram elaborados e enviados os relatórios geral e individual para as construtoras participantes do projeto.

Para direcionar o envio de resultados dos indicadores provenientes das empresas construtoras e concentrar as informações do programa, foi criado um endereço eletrônico. A partir dos resultados recebidos, a presente autora realizava a validação dos resultados, gerando mensalmente relatórios individuais e gerais dos indicadores para as empresas participantes. Vale ressaltar que a validação dos dados teve como objetivo “evitar que houvesse valores discrepantes que pudessem comprometer a qualidade da amostra armazenada na base de dados” (DUARTE, 2011).

Cabe salientar a disponibilidade da autora deste trabalho, durante todo o período de coleta de dados, para orientar as empresas participantes do projeto quanto ao método de coleta, preenchimento das planilhas presentes no manual de indicadores ou esclarecimento de quaisquer dúvidas.

c) Análise da implantação e dos resultados obtidos

A análise da implantação contemplou os dados provenientes da adesão das construtoras ao programa, os resultados obtidos na implantação piloto do programa e os resultados enviados pelas empresas construtoras durante os três ciclos mensais de coleta.

Cabe ressaltar que a implantação piloto da metodologia teve início no mês de dezembro/2011, enquanto o início da coleta de dados por parte das construtoras se deu em abril/2012 e o período de envio de resultados em maio/2012, sendo finalizado em julho/2012.

Para análise dos resultados obtidos ao longo dos três ciclos de coleta de dados da implantação, foram realizadas as caracterizações das empresas e dos empreendimentos participantes do programa. Também foram analisados comparativamente os valores alcançados por cada indicador, buscando apresentar potenciais fatores influenciadores dos resultados.

Ao final do terceiro ciclo de coleta, realizou-se uma pesquisa junto às empresas participantes visando avaliar o programa desenvolvido e os resultados alcançados. Para tanto, foi elaborado

um questionário (Apêndice B) com o objetivo de conhecer as opiniões dos envolvidos sobre o programa, incluindo os benefícios e dificuldades encontrados durante a sua implantação.

A partir dos dados obtidos, buscou-se realizar o *benchmarking* de resultados, caracterizar os insumos/serviços, empreendimentos e empresas participantes do programa e apresentar uma breve análise dos resultados obtidos ao longo dos três ciclos de coleta do programa, a fim de fornecer subsídios para a melhoria contínua dos processos. Além disso, com auxílio da composição de faixas de variação, foi possível comparar os resultados encontrados com valores de referência contemplados em bibliografias especializadas.

4.2 Apresentação e análise dos resultados

Este item trata do desenvolvimento do programa de indicadores de desempenho para tecnologias construtivas à base de cimento (PROGRIDE), abordando detalhadamente a fase de estruturação e implantação. Além disso, também é contemplada a análise da implantação como um todo e dos resultados obtidos a partir das coletas de dados.

4.2.1 Estruturação do programa

O Programa de Indicadores de Desempenho (PROGRIDE) foi desenvolvido no âmbito nacional da Comunidade da Construção, sob a liderança da Associação Brasileira de Cimento *Portland* (ABCP), baseada em proposta realizada pelo coordenador da área de vedações verticais da Comunidade da Construção de Recife/PE.

Após a adesão da Comunidade da Construção nacional à proposta de desenvolvimento do programa, foi iniciada uma sequência de três reuniões realizadas na cidade de São Paulo/SP com a presença de representantes das várias cidades contempladas pela comunidade, quais sejam Recife, Salvador, Brasília, Belo Horizonte e São Paulo. Estas reuniões contemplaram a exposição do objetivo do programa aos representantes dos polos, bem como a definição dos indicadores e metodologia básica para coleta de dados.

A partir das discussões acerca da metodologia adotada, buscando viabilizar a coleta de dados de forma padronizada, desenvolveu-se também o manual de indicadores, que contemplou a criação de um conjunto de planilhas para a caracterização e a compilação dos dados coletados *in loco*. Além disso, definiu-se nas reuniões da Comunidade da Construção nacional que o programa de indicadores seria implantado, inicialmente, em dois polos (Recife e Salvador), a fim de verificar a aplicabilidade do programa e de suas ferramentas. Vale ressaltar que a Comunidade da Construção pretende, posteriormente, implantar o programa nos polos de outras cidades brasileiras.

O foco do presente capítulo é relatar sobre o desenvolvimento do PROGRIDE no polo de Recife/PE, que se enquadrou como atividade do 5º ciclo da Comunidade da Construção. Desta forma, realizou-se um *workshop* com as empresas construtoras participantes do 5º ciclo da comunidade, onde foi possível apresentar o programa, seu foco, objetivos e metas. Ainda nesta reunião, houve o cadastramento das empresas que demonstraram interesse em participar do programa.

Neste sentido, a estruturação do programa se subdividiu basicamente em três etapas: 1) definição do programa (definição dos indicadores e da metodologia de coleta), 2) desenvolvimento do manual de indicadores e 3) seleção das empresas.

4.2.1.1 Definição do programa

A definição do programa contemplou a escolha dos indicadores padrão e a definição da metodologia de coleta. Como o trabalho foi desenvolvido no âmbito da Comunidade da Construção (ABCP), foram selecionados indicadores que envolvessem tecnologias construtivas à base de cimento. Além disso, outros critérios foram levados em consideração, tais como: a relevância da tecnologia construtiva na constituição da obra e no processo construtivo do edifício; e a necessidade da existência de aplicação da tecnologia construtiva no polo de aplicação do programa, no caso em questão o polo avaliado localiza-se na cidade de Recife.

Além destes critérios, foi considerado que a indústria da construção está inserida num contexto, onde o não atendimento aos prazos para entrega de obras e os custos de obras superiores àqueles previstos no orçamento têm sido preocupações que se tornam cada vez mais presentes na rotina das construtoras. Para garantir a permanência no mercado, estas empresas precisam se mobilizar, tornando-se mais eficientes através da racionalização dos seus processos construtivos. Para tanto, deve-se monitorar o processo de produção, verificando quais fatores reduzem a sua eficiência e buscando o constante aumento da produtividade dos serviços, a redução do retrabalho e dos custos envolvidos.

Diante deste contexto, a escolha dos indicadores padrão culminou na definição de onze indicadores, que são apresentados no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Indicadores padrão

TECNOLOGIA	INDICADOR PADRÃO
Estrutura de concreto armado (pilar)	Perda de concreto
	Produtividade da mão de obra
Estrutura de concreto armado (viga + laje)	Perda de concreto
	Produtividade da mão de obra
Alvenaria de vedação (elevação)	Perda de blocos/tijolos
	Perda de argamassa industrializada
	Consumo de argamassa industrializada
	Produtividade da mão de obra
Revestimento externo (emboço)	Perda de argamassa industrializada
	Consumo de argamassa industrializada
	Produtividade da mão de obra

Fonte: Próprio autor (2012).

Os indicadores adotados seguiram a conceituação e os métodos de cálculo para perdas/consumo unitário e produtividade da mão de obra apresentados nos capítulos 02 e 03, respectivamente. Ressalta-se que os trabalhos dos autores citados nestes capítulos também serviram como referência para o desenvolvimento da metodologia específica utilizada para a coleta de dados em campo, embasando teoricamente a elaboração do manual de indicadores (item 4.2.2.3).

4.2.1.1.1 Estrutura de concreto armado

Em função dos ciclos de concretagem adotados usualmente em obras brasileiras, o cálculo da perda de concreto e da produtividade na produção da estrutura de concreto armado foi dividido em duas etapas: concretagem de pilar e concretagem de viga + laje + complemento de pilar. Cada uma destas etapas forneceram dados relativos à perda de concreto e produtividade da mão de obra, sendo esta última subdividida em mais três indicadores, conforme Quadro 4.3.

Quadro 4.3 – Indicadores da estrutura do concreto armado

ETAPA	INDICADOR PADRÃO	
Concretagem da estrutura: Pilar	Perda de concreto (%)	
	Produtividade da mão de obra	RUP caminhão (Hh/m ³)
		RUP descarga (Hh/m ³)
		RUP global (Hh/m ³)
Concretagem da estrutura: Viga + laje + complemento de pilar	Perda de concreto (%)	
	Produtividade da mão de obra	RUP caminhão (Hh/m ³)
		RUP descarga (Hh/m ³)
		RUP global (Hh/m ³)

Fonte: Próprio autor (2012).

Apesar de serem calculadas separadamente, os cálculos para estimativa da perda de concreto e da produtividade da concretagem não se alteram, independente do tipo de elemento estrutural a ser concretado.

a) Perda de concreto

Com base na expressão de cálculo apresentada através da Equação 2.3 do item 2.5.1.1, adotou-se como percentual de perdas a relação entre a quantidade de concreto perdida e a quantidade utilizada para concretagem das peças estruturais – pilar, viga ou laje. Este percentual de perdas deve ser obtido conforme Equação 4.1.

$$P_{\text{concreto}} (\%) = \frac{(C_{\text{real}} - C_{\text{teorico}})}{C_{\text{teorico}}} \times 100 \quad (\text{Equação 4.1})$$

Onde:

P_{concreto} = Perda de concreto (%);

C_{real} = Consumo real de concreto (m³);

$C_{\text{teórico}}$ = Consumo teórico (m³).

Cabe destacar que a quantidade perdida de concreto durante a execução da concretagem é equivalente à diferença entre a quantidade de concreto recebida *in loco* (consumo real), descartando o volume de concreto utilizado em elementos não estruturais, e a utilizada para preenchimento dos elementos estruturais (consumo teórico). Além disso, é importante lembrar que, se o concreto recebido *in loco* for utilizado na execução de elementos não estruturais, o volume de concreto utilizado para este destino deve ser descontado do consumo real para o cálculo do percentual de perdas.

Assim como descrito no item 2.5.1.1, o consumo real é obtido através das informações presentes nas notas fiscais e o consumo teórico através do projeto estrutural. O cálculo do volume de cada elemento estrutural adotado é apresentado pelas Equações 2.5, 2.6, 2.7 e 2.8. No entanto, conforme citado anteriormente, a produção da estrutura de concreto foi dividida em concretagem de pilar e concretagem de viga + laje + complemento de pilar.

Considerando a quantidade de serviço para concretagem de pilares durante um determinado período, tem-se que o volume total ($V_{t_{CP}}$) é equivalente ao somatório dos volumes de cada pilar ($\sum V_{CP}$), conforme Equação 4.2.

$$V_{t_{CP}} = \sum V_{CP} \quad (\text{Equação 4.2})$$

Como, normalmente, os complementos de pilares, vigas e lajes são concretados em um mesmo período, o volume total é calculado conforme Equação 4.3:

$$V_{t_{CVLCP}} = \sum V_{CCP} + \sum V_{CV} + \sum V_{CL} \quad (\text{Equação 4.3})$$

Onde:

$V_{t_{CVLCP}}$ = Volume total de concreto de viga, laje e complemento de pilar;

$\sum V_{CCP}$ = Somatório dos volumes de concreto de cada complemento de pilar;

$\sum V_{CV}$ = Somatório dos volumes de concreto de cada viga;

$\sum V_{CL}$ = Somatório dos volumes de concreto de cada laje.

Ressalta-se que a laje possui uma particularidade relevante, que é a diversidade de suas tipologias. Por isso, é importante ressaltar que a Equação 2.8, utilizada para o cálculo do volume de lajes, é perfeitamente aplicável a lajes do tipo maciça, mas não é aplicável a laje do tipo nervurada. Neste caso, é necessário que o volume de concreto utilizado para execução de lajes deste tipo seja fornecido pelo projetista estrutural.

b) Produtividade da mão de obra na concretagem da estrutura

Para o cálculo da produtividade da mão de obra para o serviço de concretagem, utilizou-se, conforme item 3.4, o conceito básico da RUP que trata a produtividade como a relação entre a quantidade de homens-hora (Hh) despendidos para execução de um metro cúbico da estrutura de concreto armado, de acordo com a Equação 4.4.

$$RUP = \frac{Hh}{QS} = \frac{H_{direta} \times h_{trab}}{V_{conc}} \quad (\text{Equação 4.4})$$

Onde:

RUP = Razão Unitária de Produção;

Hh = Homens-hora utilizados;

QS = Quantidade de serviço executado (m³);

H_{direta} = Homens que compõem a equipe direta de produção;

h_{trab} = Horas despendidas para execução do serviço (h);

V_{conc} = Volume de concreto (m³).

No item 3.6.1.1 são apontados quatro tipos de RUPs para concretagem da estrutura. No entanto, para esta pesquisa, a produtividade da concretagem foi abordada sob três formas: RUP caminhão, RUP descarga e RUP global (sem encarregado). Optou-se por não adotar a RUP global com encarregado, uma vez que o foco desta pesquisa foi a avaliação da produtividade da mão de obra diretamente envolvida no serviço. As equações de cálculo das RUPs adotadas estão descritas no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 – RUP adotadas para concretagem

Tipo de RUP	Equação	Descrição
RUP caminhão	$= \frac{\text{med } H_d \times h_{cam}}{V_{cam}} = \frac{\text{med } H_d *}{\text{med } v_{con}}$	<p>H_d = Homens da equipe direta h = Horas despendidas para descarregar o concreto de um caminhão (h) V_{cam} = Volume de concreto no caminhão (m³) v_{con} = Velocidade de concretagem (m³/h)</p>
RUP descarga	$= \frac{\text{med } H_d \times h_{desc}}{V_{proj} **}$	<p>H_d = Homens da equipe direta h = Horas despendidas desde o início da descarga do 1º caminhão até o fim da descarga do último caminhão (h) V_{proj} = Volume de projeto (m³)</p>
RUP global	$= \frac{\text{med } H_d \times h_{total}}{V_{proj} **}$	<p>H_d = Mediana dos homens da equipe direta h = Horas despendidas desde o início até o fim da disponibilização da equipe envolvida no serviço (h) V_{proj} = Volume de projeto (m³)</p>

*A mediana da equipe direta foi adotada em virtude da variação da quantidade de homens da equipe.

**Volume de concreto correspondente ao volume de projeto das peças estruturais produzidas.

Na metodologia adotada, os dados relativos aos homens-hora despendidos foram obtidos a partir de observação em campo. O volume de caminhão pode ser obtido a partir da verificação de notas fiscais, assim como o consumo real, e o volume de projeto foi calculado a partir do projeto estrutural, conforme apresentado no item 2.5.1.1.

4.2.1.1.2 Alvenaria de vedação

O cálculo das perdas para alvenaria de vedação é dividido em: perda de blocos/tijolos, consumo unitário e perdas de argamassa de assentamento. Para esta pesquisa, em particular, o consumo unitário e a perda de argamassa foram direcionados apenas para argamassa industrializada. Cabe ressaltar que além dos indicadores de perda, foi abordada a produtividade da mão de obra para o serviço de elevação da alvenaria de vedação, conforme apresentado a seguir.

a) Perda de blocos/tijolos

Para cálculo de perdas de blocos/tijolos utilizou-se o método amostral apresentado no item 2.5.2.1.1. Além das etapas citadas neste item, foi necessário realizar a rastreabilidade da alvenaria, para que na coleta de dados posterior, os blocos/tijolos não fossem recontabilizados, prejudicando a confiabilidade dos resultados.

b) Consumo unitário e perda de argamassa industrializada

O cálculo do consumo unitário e da perda de argamassa industrializada seguem as etapas descritas nos subitens de (a) a (c) do item 2.5.2.1.2. Além destas etapas, foi desenvolvido um método para o cálculo da quantidade de serviço adotada nesta pesquisa.

A quantidade de serviço executado durante o período de estudo é dividida em três etapas: marcação, elevação e fixação. A quantidade de serviço de marcação é calculada conforme a Equação 4.5.

$$QS_m = \text{Comp. marc.} \times H_m \quad (\text{Equação 4.5})$$

Onde:

QS_m = Quantidade de serviço de marcação (m²);

Comp. Marc. = Comprimento de marcação (m);

H_m = Altura na marcação* (m).

*Altura da marcação = Altura do blocos/tijolos + Espessura da camada de assentamento

O cálculo da quantidade de serviço de elevação é dado pela Equação 4.6 e representado pela Figura 4.4.

$$QS_e = \{[(\sum Fc \times \text{Comp. Fc}) + (\sum \text{Comp. Fi})] \times H_{bloco}\} - A_a \quad (\text{Equação 4.6})$$

Onde:

QS_e = Quantidade de serviço de elevação (m²);

$\sum Fc$ = Quantidade de fiadas completas;

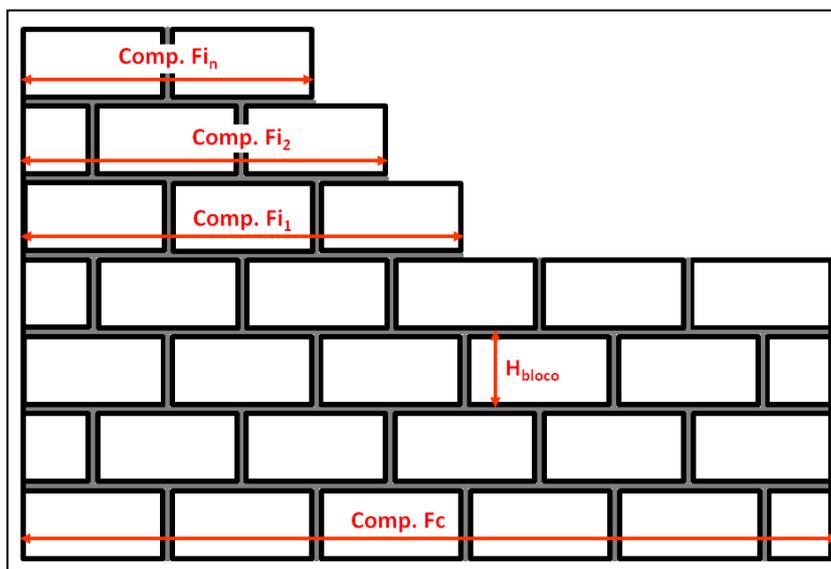
Comp. Fc = Comprimento das fiadas completas (m);

$\sum \text{Comp. Fi}$ = Somatório dos comprimentos das fiadas incompletas;

H_{bloco} = Altura do bloco, incluindo a espessura da junta de argamassa (m);

A_a = Área de abertura (m²).

Figura 4.4 – Dimensões para cálculo da quantidade de serviço de elevação de alvenaria



Fonte: Próprio autor (2012).

A quantidade de serviço de fixação é calculada de forma semelhante à marcação da alvenaria. O cálculo é realizado de acordo com a Equação 4.7.

$$QS_f = \text{Comp. fix.} \times H_f \quad (\text{Equação 4.7})$$

Onde:

QS_f = Quantidade de serviço de fixação (m²);

Comp. Marc. = Comprimento de marcação (m);

H_f = Altura na fixação (m).

Para o cálculo do consumo unitário e das perdas durante um período de estudo, a quantidade de serviço total é dada pela Equação 4.8.

$$QS_t = QS_m + QS_e + QS_f \quad (\text{Equação 4.8})$$

Onde:

QS_t = Quantidade de serviço total (m²);

QS_m = Quantidade de serviço de marcação (m²);

QS_e = Quantidade de serviço de elevação (m^2);

QS_f = Quantidade de serviço de fixação (m^2).

c) Produtividade da mão de obra na elevação da alvenaria de vedação

A produtividade é dada pela relação entre os homens-hora demandados e a quantidade de serviço executado, conforme descrito no item 3.6.2.1. Como o foco deste estudo é a produtividade da elevação da alvenaria de vedação, a quantidade de serviço é calculada de acordo com a Equação 4.6 apresentada na letra (b) deste item.

Destaca-se que as informações relativas aos homens-horas demandados devem ser coletadas a partir de observações em campo, bem como a quantidade de serviço, que deve ser obtida a partir da verificação do serviço executado.

Para esta pesquisa, a produtividade se subdivide segundo os tipos de mão de obra empregada, ou seja, as RUPs são calculadas separadamente para oficiais (pedreiros) e ajudantes diretos (serventes). Além disso, as RUPs são abordadas sob dois tipos de período de estudo: semanal e cumulativo, que é calculado ao longo do período de estudo e em sua conclusão. Desta forma, a produtividade é calculada conforme as equações presentes no Quadro 4.5.

Quadro 4.5 – Equações para cálculo da produtividade na elevação da alvenaria de vedação

		Produtividade por período de estudo	
		Semanal	Cumulativa
Produtividade por tipo de mão de obra	Pedreiro	$RUP_{S_{ped}} = \frac{Hh_{ped}}{QS_s}$	$RUP_{C_{ped}} = \frac{\sum Hh_{ped}}{QS_t}$
	Servente	$RUP_{S_{serv}} = \frac{Hh_{serv}}{QS_s}$	$RUP_{C_{serv}} = \frac{\sum Hh_{serv}}{QS_t}$
Onde:	<p>$RUP_{S_{ped}}$ = Razão Unitária de Produção semanal para pedreiros</p> <p>Hh_{ped} = Horas de pedreiro demandadas na semana</p> <p>QS_s = Quantidade de serviço executado na semana</p> <p>$RUP_{S_{serv}}$ = Razão Unitária de Produção semanal para serventes</p> <p>Hh_{serv} = Horas de servente demandadas na semana</p>	<p>$RUP_{C_{ped}}$ = Razão Unitária de Produção cumulativa para pedreiros</p> <p>$\sum Hh_{ped}$ = Somatório das horas de pedreiro demandadas durante o período de coleta</p> <p>QS_s = Quantidade de serviço executado durante o período de coleta</p> <p>$RUP_{C_{serv}}$ = Razão Unitária de Produção cumulativa para serventes</p> <p>$\sum Hh_{serv}$ = Somatório das horas de servente demandadas durante o período de coleta</p>	

Fonte: Próprio autor (2012).

Cabe salientar ainda que o cálculo da produtividade deve ser feito separadamente para diferentes larguras de blocos/tijolos.

4.2.1.1.3 Revestimento de emboço de fachada

Para o revestimento de emboço de fachada foram adotados os indicadores de consumo unitário e de perda de argamassa industrializada, bem como a produtividade da mão de obra na execução deste serviço. A metodologia de coleta e as etapas de cálculo estão descritas a seguir.

a) Consumo unitário e perda de argamassa industrializada

O cálculo destes indicadores é feito de forma semelhante à apresentada na letra (b) do item 4.2.1.1.2, conforme as etapas descritas nos subitens de (a) a (c) do item 2.5.2.1.2. O consumo real e consumo unitário real seguem o mesmo modelo de cálculo citado no referido item (Equações 2.10 e 2.11), enquanto a quantidade de serviço e índice de perdas possuem algumas particularidades que serão apresentadas neste item.

A quantidade de serviço executado deve ser calculada conforme a Equação 4.9.

$$QS_{emb} = \sum A_p - A_a \quad (\text{Equação 4.9})$$

Onde:

QS_{emb} = Quantidade de serviço de emboço (m²);

$\sum A_p$ = Somatório das áreas de parede executadas (m²);

$\sum A_a$ = Somatório das áreas de abertura (m²).

Já o índice de perdas deve ser calculado por meio da Equação 4.10.

$$IP_{AIE} = \frac{(C_{real} - C_{teórico})}{C_{teórico}} \times 100 \quad (\text{Equação 4.10})$$

Onde:

IP_{AIE} = Índice de Perdas de argamassa industrializada (emboço);

C_{real} = Consumo real (kg);

$C_{\text{teórico}}$ = Consumo teórico (kg).

Diferente do consumo de teórico para argamassa de assentamento da alvenaria, o consumo teórico da argamassa para emboço é dado pelo produto entre a quantidade de serviço executado, a espessura da camada de revestimento e o consumo de referência⁴, de acordo com a Equação 4.11.

$$C_{\text{teórico}} = C_{\text{ref}} \times e_c \times QS_{\text{emb}} \quad (\text{Equação 4.11})$$

Onde:

$C_{\text{teórico}}$ = Consumo teórico (kg);

C_{ref} = Consumo de referência (kg/m²/cm);

e_c = Espessura da camada de revestimento (cm);

QS_{emb} = Quantidade de serviço total (m²).

b) Produtividade da mão de obra na execução do emboço de fachada

A produtividade da mão de obra para execução do revestimento de fachada segue os mesmos preceitos apresentados na letra (c) do item 4.2.1.1.2, com exceção da quantidade de serviço que é calculada de acordo com a Equação 4.9 presente na letra (a) deste item.

A partir das metodologias apresentadas, é possível coletar dados de perdas, consumo unitário e produtividade da mão de obra de forma padronizada, a fim de fornecer subsídios para uma análise comparativa dos resultados alcançados.

4.2.1.2 Manual de indicadores

Após a definição do programa de indicadores de desempenho, foi elaborado o manual de indicadores que visa fornecer informações sobre a metodologia de coleta de dados, caracterizar a empresa, o empreendimento e os serviços em estudo, bem como facilitar o

⁴ Dado pelo fabricante na unidade: kg/m²/cm, ou seja, é a quantidade de argamassa em quilogramas necessária para execução de 1 m² de emboço com 1 cm de espessura

processamento e análise dos dados por parte dos responsáveis pelas coletas. Este manual é composto por nove cadernos, quais sejam:

1. Caracterização da empresa;
2. Caracterização do empreendimento;
3. Perda de concreto usinado;
4. Produtividade de concretagem;
5. Perdas de blocos/tijolos – alvenaria de vedação;
6. Perdas de argamassa industrializada – alvenaria de vedação ;
7. Produtividade da alvenaria de vedação – elevação;
8. Perdas de argamassa industrializada – emboço externo;
9. Produtividade de revestimento externo – emboço.

É importante salientar que as caracterizações dos serviços são abordadas nos cadernos de cada indicador e que os indicadores de consumo unitário são contemplados nos cadernos de perda.

Os cadernos de indicadores desenvolvidos ao longo deste trabalho contêm as seguintes informações: nome e objetivo do indicador, orientações gerais, instruções de coleta, fórmula de cálculo, caracterização do insumo ou serviço e planilhas para coleta de dados. Para fins de exemplo, as figuras 4.5 (procedimento de coleta), 4.6 (caracterização) e 4.7 (planilha de coleta) apontam a composição dos cadernos utilizados para coleta de indicadores. Cabe destacar que os nove cadernos completos estão presentes no Apêndice A.

Figura 4.5 – Procedimento de coleta para perda de blocos/tijolos

 Comunidade da Construção <small>Associação Brasileira de Engenheiros de Construção</small>	PERDAS DE BLOCOS/TIJOLOS Serviços: Assentamento de Alvenaria de Vedação e Alvenaria Estrutural
1. OBJETIVO Monitorar as perdas de blocos/tijolos durante o serviço de assentamento de alvenaria de vedação e alvenaria estrutural.	
2. ORIENTAÇÕES GERAIS Os instrumentos de coleta de dados aqui apresentados podem ser utilizados durante toda a obra, ou em períodos/etapas mais representativas, a depender dos objetivos que pretendem alcançar. Deverão ser coletados apenas os dados para PAVIMENTO TIPO. Os dados deverão ser coletados e totalizados para o período de coleta. A coleta de dados pode ser feita por estagiários ou por profissional treinado. O cálculo dos resultados pode ser executado por estagiários ou pelo responsável técnico da obra.	
3. INSTRUÇÕES DE COLETA	
3.1 - Controle de estoque: <div style="border: 1px solid black; background-color: #ffffcc; padding: 5px; margin: 5px 0;"> IMPORTANTE: - Marcar apenas blocos/tijolos INTEIROS. - Efetuar a marcação com um "X" nas duas faces maiores dos blocos/tijolos com giz de cera (blocos de concreto) ou marcador permanente (blocos/tijolos cerâmicos) perfazendo um total de 500 blocos/tijolos. - A marcação deverá ser feita no primeiro dia da semana, antes do início do expediente de trabalho. - A duração de cada período de estudo será de uma semana. </div>	
Com o auxílio da Planilha 2 (Blocos/tijolos por parede) , serão registradas as quantidades de blocos/tijolos marcados assentados. - A coleta de dados deverá ser feita no último dia da semana após o expediente de trabalho. - Deverá ser preenchida a planilha nº 2 registrando a quantidade de blocos/tijolos com "X" na parede e até que fiada foi executada com sua quantidade de blocos/tijolos. - A quantidade total de blocos/tijolos marcados com "X" registrada na planilha nº 2 deve ser repassada para a planilha nº 3, assim como a quantidade total de blocos/tijolos marcados com "X" restantes no estoque.	
Com o auxílio da Planilha 3 (Estoque VF) , serão registradas as perdas de transporte interno e assentamento. - Deverá ser calculado após obter os dados de blocos/tijolos marcados assentados e blocos/tijolos restantes no estoque.	
4. FÓRMULAS DE CÁLCULO	
4.1 - Percentual de blocos/tijolos quebrados no recebimento: O percentual de perdas de blocos/tijolos quebrados será obtido pela quantidade total de blocos/tijolos quebrados dividida pela quantidade total de blocos/tijolos recebidos, em seguida o valor encontrado será multiplicado por 100.	
<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 2px;"> $\% \text{ blocos/tijolos quebrados} = (\Sigma^n \text{ quebrados} \div \Sigma^n \text{ recebidos}) \times 100$ </div> Fórmula 1 - percentual dos blocos/tijolos quebrados inicialmente	
Onde: Σ^n quebrados = soma de todos os blocos/tijolos quebrados no recebimento Σ^n recebidos = soma de todos os blocos/tijolos recebidos	
4.2 - Percentual de perdas: A fórmula 2 apresenta o percentual de perdas.	
<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 2px;"> $IP (\%) = [(500 - N1 - N2) \div (500 - N1)] \times 100$ </div> Fórmula 2 - percentual de perdas dos blocos/tijolos no transporte e assentamento	
Onde: N1 = blocos/tijolos marcados restantes no estoque N2 = blocos/tijolos marcados assentados	
4.3 - Início de um novo ciclo Caso restem blocos/tijolos no estoque, a próxima marcação de blocos/tijolos deverá levar em conta este número para que o total de blocos/tijolos marcados no estoque permaneça em 500.	
A fórmula 3 apresenta a quantidade de blocos/tijolos que deverão ser marcados com "X" ao iniciar um novo período de estudo.	
<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 2px;"> $\text{Qty de blocos/tijolos a serem remarcados} = 500 - N1$ </div> Fórmula 3 - quantidade de blocos/tijolos a serem marcados	
Onde: N1 = blocos/tijolos marcados restantes no estoque	

Fonte: Próprio autor (2011).

Figura 4.6 – Caracterização do insumo: blocos/tijolos

 Caracterização do Insumo: BLOCO/TIJOLO Serviço: Assentamento de Alvenaria de Vedação e Alvenaria Estrutural	
1. RECEBIMENTO (marcar um X nos itens verificados)	
<input type="checkbox"/> Planejamento da data de entrega	<input type="checkbox"/> Descarga no local adequado
<input type="checkbox"/> Análise dimensional em amostra	<input type="checkbox"/> Elevada quebra na descarga
<input type="checkbox"/> Descarga não incluída no fornecimento	<input type="checkbox"/> Transporte unitário
<input type="checkbox"/> Descarga incluída no fornecimento	<input type="checkbox"/> Transporte em paletes
<input type="checkbox"/> Reposição de blocos trincados, fraturados, deformados, com aparência e texturas inadequadas	
2. PEDIDO DE COMPRAS (marcar um X nos itens que constam no pedido)	
<input type="checkbox"/> Dimensões nominais dos blocos	<input type="checkbox"/> Nome do fabricante
<input type="checkbox"/> Tipo de bloco	<input type="checkbox"/> Aviso de entrega do laudo de ensaio
<input type="checkbox"/> Resistência do bloco	<input type="checkbox"/> Número da Norma Brasileira pertinente
3. ARMAZENAMENTO	
<input type="checkbox"/> Térreo	<input type="checkbox"/> Pavimento de aplicação
<input type="checkbox"/> Ambiente Coberto	<input type="checkbox"/> Ambiente Aberto
<input type="checkbox"/> Paletizado	<input type="checkbox"/> A granel (sem ser paletizado)
4. TRANSPORTE VERTICAL E HORIZONTAL	
<input type="checkbox"/> Jérika	<input type="checkbox"/> Guincho de coluna
<input type="checkbox"/> Carrinhos de mão	<input type="checkbox"/> Grua
<input type="checkbox"/> Empilhadeira	<input type="checkbox"/> Elevador de obra
<input type="checkbox"/> Carrinho porta pallet	<input type="checkbox"/> Outros
5. MÃO DE OBRA	
Existe treinamento específico da mão de obra para os serviços de alvenaria?	
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Equipe de produção:	
<input type="checkbox"/> MO própria	<input type="checkbox"/> MO terceirizada
<input type="checkbox"/> Serventes. Quantos? _____	
<input type="checkbox"/> Pedreiros. Quantos? _____	
Total	_____

Fonte: Próprio autor (2011).

Figura 4.7 – Planilha de coleta: perda de argamassa industrializada para alvenaria de vedação

 Comunidade da Construção <small>Sistemas a base de cimento</small>		Empresa: Obra: Local de Coleta: Período de coleta: Responsável:				
PLANILHA 3 - INDICADORES DE CONSUMO E PERDAS DE ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA (%) Serviço: Assentamento de Alvenaria de Vedação e Alvenaria Estrutural - Perdas						
Material	Consumo de referência (kg/m ²)	Quantidade de Serviço realizado (m ²)	Consumo teórico (kg)	Consumo real (kg)	Consumo Unitário de Material Real (kg/m ²)	Indicador de Perda (%)
Data						

Fonte: Próprio autor (2011).

Destaca-se que, além do manual de indicadores, foi criada uma planilha para envio mensal de resultados por parte das empresas construtoras (Figura 4.8). Esta planilha teve o objetivo comportar todos os resultados da empresa em apenas um arquivo, facilitando assim a análise dos resultados por parte da equipe de pesquisadores. Vale ressaltar que a planilha na íntegra encontra-se no Apêndice C.

Figura 4.8 – Planilha para envio mensal de resultados

 Comunidade da Construção	Construtora:
	Mês de referência:
	Responsável pelas informações:

INDICADORES MENSAIS - Perdas e Produtividade de Processos à base de Cimento

TECNOLOGIA	INDICADOR		Resultados						
			Semana 01	Semana 02	Semana 03	Semana 04	Semana 05	Mediana	
1. ESTRUTURA DE CONCRETO Obra: _____	CONCRETAGEM DE PILAR	Perda de concreto (%)							
		Produtividade - RUP cam	Med H						---
			Med Vcon (m ³ /h)						---
			RUP						
		Produtividade - RUP desc	h (horas)						---
			QS (m ³)						---
			RUP						
		Produtividade - RUP global	h (horas)						---
			QS (m ³)						---
	RUP								
	CONCRETAGEM DE VIGA + LAJE + COMPL. DE PILAR	Perda de concreto (%)							
		Produtividade - RUP cam	Med H						---
			V con (m ³ /h)						---
			RUP						
		Produtividade - RUP de	h (horas)						---
QS (m ³)								---	
RUP									
Produtividade - RUP global		h (horas)						---	
		QS (m ³)						---	
	RUP								

Fonte: Próprio autor (2012).

4.2.1.3 Seleção das empresas

As atividades do PROGRIDE foram iniciadas com a realização de um *workshop* com as empresas construtoras participantes do 5º ciclo de atividades da Comunidade da Construção de Recife/PE. Nesta reunião foram apresentados o foco, os objetivos e metas do programa aos representantes das empresas. Por fim, realizou-se o cadastramento das empresas construtoras interessadas em aderir ao projeto.

O *workshop* contou com a participação de representantes de quinze empresas construtoras, que preencheram a ficha cadastral do programa. Esta ficha teve como objetivo realizar uma breve caracterização das empresas, conhecer o seu nível de interesse em aderir ao projeto e quais os indicadores a empresa possuía interesse em mensurar. As principais características destas empresas estão dispostas no Quadro 4.6.

Quadro 4.6 – Caracterização das construtoras cadastradas no programa

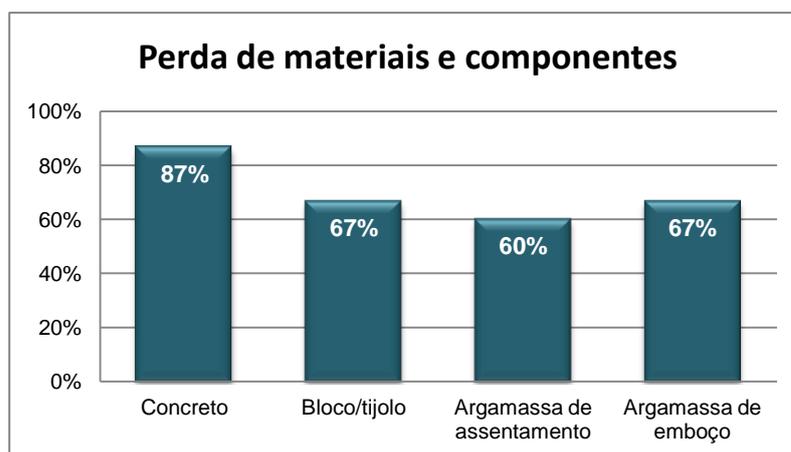
Empresa	Atividade	Tempo de existência	Área de atuação		Certificação ISO 9001 (tempo)	Nº de obras em andamento
			Residencial	Comercial		
01	Construção e Incorporação	15 anos	x	x	06 anos	06
02	Construção e Incorporação	22 anos	x	x	09 anos	04
03	Construção	45 anos	x		10 anos	03
04	Construção	43 anos	x		10 anos	06
05	Construção	62 anos	x	x	08 anos	15
06	Construção e Incorporação	33 anos	x		09 anos	21
07	Construção e Incorporação	21 anos	x	x	11 anos	05
08	Construção e Incorporação	29 anos	x		09 anos	04
09	Construção e Incorporação	37 anos	x	x	10 anos	06
10	Construção e Incorporação	32 anos	x	x	09 anos	02
11	Construção e Incorporação	46 anos	x	x	09 anos	15
12	Construção e Incorporação	16 anos	x		09 anos	02
13	Construção e Incorporação	28 anos	x	x	11 anos	06
14	Construção e Incorporação	43 anos	x	x	08 anos	05
15	Construção e Incorporação	33 anos	x	x	11 anos	06

Fonte: Próprio autor (2012).

Diante das características apresentadas no Quadro 4.6, é possível verificar que as empresas construtoras cadastradas atuam na construção de edifícios residenciais, sendo a maioria delas envolvidas, também, na construção de edifícios comerciais e/ou incorporação imobiliária. Cabe ressaltar que 86,67% das empresas já atuam no mercado há mais de 20 anos e 80% possuem nove anos ou mais de certificação da ISO 9001.

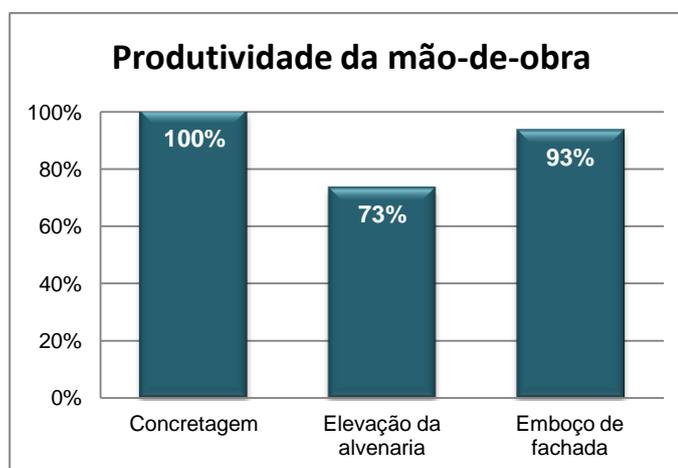
Com relação ao interesse em aderir ao projeto, constatou-se que 100% das empresas cadastradas demonstraram elevado interesse em participar do programa. Além disso, foi possível verificar quais indicadores despertaram um maior interesse das empresas participantes (Figuras 4.9 e 4.10).

Figura 4.9 – Interesse das empresas x Indicador de perda



Fonte: Próprio autor (2011).

Figura 4.10 – Interesse das empresas x Indicador de produtividade



Fonte: Próprio autor (2011).

A partir das Figuras 4.9 e 4.10, percebe-se que o indicador que despertou maior interesse nas empresas participantes foi o da produtividade da mão de obra no serviço de concretagem, com 100% de adesão, seguido pela produtividade da mão de obra na execução do revestimento de emboço de fachada (93%). Em contraponto, o indicador que desperta o interesse de um menor número de construtoras é o de perdas de argamassa para assentamento da alvenaria (60%), apesar dos valores elevados de perdas encontrados em pesquisas realizadas em todo o país, conforme descrito no Quadro 2.5 do item 2.5.2.3.

Vale salientar que o conjunto de indicadores a ser adotado pelo programa já havia sido definido desde sua estruturação, cabendo às empresas participantes a escolha pelos indicadores que se enquadravam em sua realidade. Para tanto, foram levados em consideração critérios como: fase das obras da construtora, foco da empresa, processos críticos, ou seja, quais tecnologias necessitavam de maior atenção naquele momento.

Após o cadastramento das empresas, deu-se início a efetiva implantação do programa.

4.2.2 Implantação do programa

A implantação do programa contemplou três etapas: reuniões de trabalho, implantação piloto e visitas técnicas junto às empresas construtoras. As reuniões de trabalho tiveram como finalidade disseminar os objetivos e a metodologia de coleta de dados dos indicadores abordados pelo programa. Após a realização destas reuniões, foi deu-se início a implantação piloto do programa em campo, que buscou validar os indicadores e a metodologia de coleta.

Em paralelo a esta última, foram realizadas visitas técnicas, onde as empresas participantes do programa puderam vivenciar, na prática, a metodologia de coleta de dados e esclarecer dúvidas.

4.2.2.1 Reuniões de trabalho

Para implantação do programa junto às empresas construtoras foram realizadas três reuniões de trabalho entre os meses de outubro e novembro/2011, sendo uma reunião para cada tecnologia adotada. Em cada uma destas reuniões foram apresentados: tecnologia construtiva em questão; objetivo de cada indicador; orientações gerais para coleta de dados; etapas contempladas por cada indicador; detalhamento da metodologia de cálculo; exemplo de preenchimento das planilhas de coleta constantes no manual de indicadores.

Após a realização destas reuniões, foi disponibilizado o manual de indicadores para que as empresas pudessem realizar uma coleta preliminar, buscando apropriar-se da metodologia de coleta e dirimir qualquer dúvida sobre o processo de coleta ou preenchimento das planilhas. Cabe destacar que a equipe de pesquisadores esteve disponível para auxiliar os responsáveis pela coleta de dados ao longo de todo o processo de implantação do programa.

4.2.2.2 Implantação piloto

A realização da implantação piloto teve como objetivo a avaliação da metodologia adotada para coleta de dados e verificação da necessidade de ajustes. Esta implantação permitiu a identificação de pontos críticos ocorridos na coleta, ou seja, situações que poderiam gerar dúvidas durante a realização da coleta de dados pelas empresas construtoras.

A fim de solucionar as dificuldades encontradas durante a implantação piloto buscaram-se duas alternativas: o ajuste do manual de indicadores, de forma a favorecer o entendimento do indicador e facilitar a coleta de dados e/ou a realização de visitas técnicas às obras (item 4.2.2.3), visando esclarecer os pontos críticos identificados.

Cabe citar que a implantação piloto se distribuiu em três diferentes obras da cidade de Recife/PE, de forma que cada uma destas obras abordou a coleta de dados relativa a uma das tecnologias construtivas adotadas pelo programa. A partir desta implantação foram obtidos os resultados apresentados no Quadro 4.7, que são provenientes das coletas de dados realizadas nas obras por um período equivalente a quatro ciclos de coleta.

Foi necessário, inicialmente, descartar os dados coletados até que a metodologia fosse completamente definida e compreendida e fosse possível realizar uma coleta que pudesse fornecer dados fiáveis, uma vez que, pela natureza desta implantação, ainda havia algumas dúvidas com relação à coleta de dados e ao próprio controle de informações.

Quadro 4.7 – Resultados dos quatro ciclos de coleta da implantação piloto

	Indicador	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta	4ª coleta
Construtora 09	Concretagem – Pilar				
	Perda de concreto (%)	7,80	42,16	17,03	7,21
	Produtividade – RUP caminhão (Hh/m ³)	0,54	3,61	1,91	0,84
	Produtividade – RUP descarga (Hh/m ³)	0,58	3,95	1,83	0,85
	Produtividade – RUP global (Hh/m ³)	4,04	12,44	5,73	3,02
	Concretagem - Viga + laje + compl. de pilar				
	Perda de concreto (%)	6,97	14,99	14,00	15,15
	Produtividade – RUP caminhão (Hh/m ³)	0,60	0,54	0,65	0,62
	Produtividade – RUP descarga (Hh/m ³)	1,54	1,12	1,28	0,91
	Produtividade – RUP global (Hh/m ³)	3,09	3,13	3,01	2,43
Construtora 07	Alvenaria de vedação				
	Perda de blocos/tijolos (%)	13,50	10,50	15,95	17,25
	Perda de argamassa industrializada (%)	33,50	38,74	30,52	36,37
	Consumo unitário de arg. industrializada (kg/m ²)	407,51	486,99	362,49	451,06
	Produtividade – RUP pedreiro (Hh/m ²)	0,86	0,92	0,73	0,77
	Produtividade – RUP servente (Hh/m ²)	0,56	0,58	0,36	0,39
Construtora 09	Revestimento de emboço de fachada				
	Perda de argamassa industrializada (%)	94,06	76,05	70,43	91,24
	Consumo unitário de arg. industrializada (kg/m ²)	84,43	49,13	38,10	78,91
	Produtividade – RUP pedreiro (Hh/m ²)	0,93	1,24	0,93	1,04
	Produtividade – RUP servente (Hh/m ²)	0,67	0,84	0,56	0,76

Fonte: Próprio autor (2012).

A fim de proporcionar o registro de informações de maneira sequencial, foi elaborado o roteiro de visita (*in loco*) apresentado no Apêndice D. Este roteiro aborda não somente que informações que devem ser obtidas em campo, mas contempla também como estas devem ser coletadas.

A partir dos dados do Quadro 4.7, foram desenvolvidos os itens 4.2.2.2.1 ao 4.2.2.2.3, a fim de apresentar a interpretação resultados obtidos. É importante destacar que, apesar de haver a discussão e análise dos resultados, o foco principal dos itens a seguir é atestar a aplicabilidade

da metodologia padrão e do manual de indicadores, não sendo abordada a análise comparativa dos dados com as referências especializadas.

4.2.2.2.1 Estrutura de concreto armado

O Quadro 4.8 apresenta os valores de mínimo, mediana, máximo, coeficiente de variação e *benchmarking* relativos à estrutura de concreto armado.

Quadro 4.8 – Resultados da implantação piloto: estrutura de concreto

Indicador		Mín.	Med.	Máx.	CV (%)	Benchmarking
Pilar	Perda de concreto (%)	7,21	12,42	42,16	88,25	7,21
	RUP caminhão (Hh/m ³)	0,54	1,38	3,61	80,43	0,54
	RUP descarga (Hh/m ³)	0,58	1,34	3,95	84,83	0,58
	RUP global (Hh/m ³)	3,02	4,89	12,44	67,20	3,02
Viga + Laje + Complemento de pilar	Perda de concreto (%)	6,97	14,50	15,15	30,56	6,97
	RUP caminhão (Hh/m ³)	0,54	0,61	0,65	7,71	0,54
	RUP descarga (Hh/m ³)	0,91	1,20	1,54	21,92	0,91
	RUP global (Hh/m ³)	2,43	3,05	3,13	11,22	2,43

Fonte: Próprio autor (2012).

De acordo com o Quadro 4.8, o que se pode perceber é a relevante variabilidade dos indicadores de desempenho avaliados. Para os resultados relativos à concretagem de pilares, é possível constatar que o coeficiente de variação (CV) dos resultados para o indicador de perda de concreto é de 88,25%, um valor alto que indica que o conjunto de dados encontrados é bastante heterogêneo, variando em função dos fatores intervenientes da perda. Ressalta-se, também, que a perda máxima de concreto foi cerca de seis vezes maior que a mínima.

Com o acompanhamento da segunda coleta de dados de concretagem de pilares (Quadro 4.7), que representou o valor máximo de perda de concreto e produtividade da mão de obra, observaram-se alguns fatores que podem ter influenciado estes resultados, quais sejam: o uso de equipamentos não racionais para o transporte de concreto, por exemplo, carrinho de mão (Figura 4.11); deficiência no planejamento da concretagem, tornando o transporte do concreto bastante complexo; e concretagem de pilar solteiro (Figura 4.12), ou seja, a laje de pavimento

nivelado à superfície superior do pilar não estava assoalhada, dificultando o lançamento do concreto. Estes fatores contribuíram para a redução da produtividade, gerando assim a perda do concreto presente no caminhão, devido ao início de pega.

Figura 4.11 – Transporte de concreto



Fonte: Próprio autor (2012).

Figura 4.12 – Concretagem de pilar solteiro



Fonte: Próprio autor (2012).

Em contrapartida, a concretagem de vigas, lajes e complementos de pilar apresentou um conjunto de resultados mais homogêneo, no qual o coeficiente de variação para perdas foi de 30,56%, valor bastante inferior ao apresentado pela concretagem de pilares, indicando que os índices variam menos. Destaca-se que a sobre-espessura da laje devido à falha no controle do nivelamento foi um dos fatores que levou a um maior desperdício de concreto.

Tratando-se da produtividade da concretagem como um todo, é possível verificar que há uma distância considerável entre os valores de RUPdescarga e da RUPglobal, o que remete ao fato de que um dos pontos críticos do serviço de concretagem é a duração dos tempos entre o início de disponibilização da equipe e o início do descarregamento do 1º caminhão ou entre o fim do descarregamento do último caminhão e o fim de disponibilização da equipe. Na maioria das vezes, a duração destes tempos foi prolongada por causa do atraso de caminhões e da chegada da bomba à obra.

Cabe destacar que o caderno desenvolvido inicialmente para a coleta de dados referente à produtividade da concretagem da estrutura foi alterado, visto que era necessário um grande número de informações distribuídas em várias planilhas, o que dificultou a coleta de dados. Na versão final deste caderno, os dados de campo eram coletados através de uma única

planilha, facilitando o trabalho do responsável pela coleta de dados. As planilhas eram alimentadas com dados de projeto ou da planilha preenchida em campo.

4.2.2.2.2 Alvenaria de vedação

Semelhantemente ao item 4.2.2.2.1, o Quadro 4.9 apresenta os valores mínimos, medianos, máximos, o coeficiente de variação, as RUPs cumulativas e os *benchmarkings* relativos à alvenaria de vedação.

Quadro 4.9 – Resultados da implantação piloto: alvenaria de vedação

Indicador	Mín.	Med.	Máx.	Cum.	CV (%)	Benchmarking
Perda de blocos/tijolos (%)	10,50	14,73	17,25	-	20,79	10,49
Consumo de argamassa (kg/m ²)	30,52	34,93	38,74	-	10,23	30,52
Perda de argamassa (%)	362,49	429,29	486,99	-	12,63	362,49
RUP pedreiro (Hh/m ²)	0,73	0,82	0,92	0,82	10,49	0,73
RUP servente (Hh/m ²)	0,36	0,48	0,58	0,47	24,03	0,36

Fonte: Próprio autor (2012).

A partir do Quadro 4.9, verifica-se que o coeficiente de variação (CV) dos indicadores varia entre 10,23% e 24,03%, indicando que os valores de perdas e produtividade mantiveram uma baixa variabilidade de resultados, correspondendo a uma estabilidade bastante diferente dos resultados de concretagem de pilares, por exemplo.

A partir das observações realizadas *in loco*, foi possível constatar que uma parte relevante das perdas alcançadas é decorrente de retrabalho, levando à quebra de componentes (Figura 4.13), o que promove um excesso de resíduo *in loco* (Figura 4.14). Além disso, os rasgos na alvenaria para embutimento das instalações (Figura 4.15) e a não utilização de submódulos provoca o desperdício de materiais devido ao corte não racional de componentes, ou seja, sem uso de equipamentos adequados para este fim. Embora a obra tenha utilizado *pallets* para o transporte dos tijolos, verificou-se o mau acondicionamento destes, provocando, muitas vezes, o tombamento das pilhas (Figura 4.16).

Figura 4.13 – Retrabalho



Fonte: Próprio autor (2012).

Figura 4.14 – Entulho gerado



Fonte: Próprio autor (2012).

Figura 4.15 – Embutimento de instalações



Fonte: Próprio autor (2012).

Figura 4.16 – Instabilidade dos *pallets*

Fonte: Próprio autor (2012).

Com relação ao consumo e à perda de argamassa, cabem algumas considerações: para avaliação do sobreconsumo de materiais sob o ponto de vista de perdas, é necessário adotar uma referência fidedigna, aproximando-se ao máximo da realidade, caso contrário, é mais viável realizar a análise dos resultados através da comparação entre consumos. Para este estudo foi adotada a unidade de kg/m^2 para consumo de argamassa, visto que é uma unidade mais simples para medição *in loco* e é a unidade que os fabricantes adotam para expressar o consumo unitário de argamassa.

Diante das considerações realizadas, verifica-se que houve um alto consumo mediano de argamassa, representando aproximadamente $35 \text{ kg}/\text{m}^2$, que se deve a alguns fatores

causadores de desperdício, quais sejam: aplicação da argamassa de assentamento por toda a face superior do tijolo (Figura 4.17), sobre-espessura das juntas verticais (Figura 4.18), preparo manual da argamassa (Figura 4.19) e deficiência no controle da execução do serviço (Figura 4.20).

Figura 17 – Aplicação da argamassa



Fonte: Próprio autor (2012).

Figura 4.18 – Sobre-espessura da junta vertical



Fonte: Próprio autor (2012).

Figura 4.19 – Preparo manual da argamassa



Fonte: Próprio autor (2012).

Figura 4.20 – Incorporação de argamassa



Fonte: Próprio autor (2012).

Os valores encontrados para perda de argamassa são elevados, variando de 362,49% a 486,99%, cabe destacar que a elevação desde percentual se deve, principalmente, ao consumo de referência adotado ($6,6 \text{ kg/m}^2$), que é informado pelo fabricante. Assim, é preferível adotar o consumo como critério comparativo, visto que um consumo unitário de referência pode não se adequar a realidade vivida pela obra.

Quanto à produtividade da mão de obra, alguns dos fatores observados em campo que podem ter influenciado negativamente estes resultados são: indisponibilidade de materiais para execução do serviço, preparo manual da argamassa, rotatividade da mão de obra e quebra do

equipamento de transporte vertical. Cabe ressaltar que estas informações foram registradas ao longo das coletas de dados, obedecendo ao roteiro de visita (*in loco*).

4.2.2.2.3 Revestimento de emboço de fachada

A partir do quadro 4.10 é possível verificar valores (mínimo, mediana, máximo, coeficiente de variação, RUP cumulativa e *benchmarking*) que auxiliam na interpretação dos resultados referentes ao revestimento de emboço de fachada.

Quadro 4.10 – Resultados da implantação piloto: emboço de fachada

Indicador	Mín.	Med.	Máx.	Cum.	CV (%)	<i>Benchmarking</i>
Consumo de argamassa (kg/m ²)	70,43	83,65	94,06	-	13,86	70,43
Perda de argamassa (%)	38,10	64,02	84,43	-	35,98	38,10
RUP pedreiro (Hh/m ²)	0,93	0,99	1,24	1,05	14,12	0,93
RUP servente (Hh/m ²)	0,56	0,72	0,84	0,73	17,02	0,56

Fonte: Próprio autor (2012).

Tratando-se do revestimento de emboço de fachada, verifica-se que o consumo alcançado reflete a realidade da obra, uma vez que, a partir medições em campo, foi possível encontrar alguns pontos onde a camada de emboço apresentou cerca de 5 cm de espessura (Figura 4.21). Além disso, os registros do mapeamento da fachada que a obra possuía indicavam uma espessura média de aproximadamente 5 cm, ratificando o que mostra a Figura 4.21.

Figura 4.21 – Espessura da camada de revestimento



Fonte: Próprio autor (2012).

Figura 4.22 – Equipamento de transporte vertical de argamassa



Fonte: Próprio autor (2012).

Quando comparado à variabilidade encontrada em outros indicadores, tais como os referentes à concretagem de pilares, pode-se afirmar que a produtividade da mão de obra apresentou um conjunto de dados mais homogêneo, com resultados passíveis de repetição, próximos as RUPs potenciais do período de estudo. Cabe destacar que, através das observações em campo que seguiram o roteiro de visita *in loco* (Apêndice D), foram registrados alguns dos fatores potencialmente influenciadores da produtividade: uso de equipamento racional para transporte vertical da argamassa, disponibilidade de materiais, sobre-espessura da camada de emboço e rotatividade da mão de obra, presença de pedreiros novatos.

É importante salientar que os cadernos voltados à caracterização da empresa e do empreendimento, bem como àqueles destinados à coleta de dados de alvenaria de vedação e revestimento de emboço de fachada não necessitaram de ajustes.

4.2.2.3 *Visitas técnicas*

Finalizada a implantação piloto dos indicadores de cada tecnologia adotada, foram realizadas três visitas técnicas nas obras. As visitas foram realizadas nas obras onde a implantação piloto foi realizada, com exceção da obra onde foram coletados os dados de alvenaria de vedação, visto que a coleta de indicadores desta tecnologia já havia sido implantada em outra obra, que se disponibilizou para a realização desta visita.

As visitas técnicas ocorreram entre os meses de fevereiro e março de 2012, de forma que a primeira tratou dos indicadores de estrutura de concreto, a segunda abordou a alvenaria de vedação e a terceira o revestimento de emboço de fachada. Cada uma destas visitas se dividiu em duas etapas: explanação inicial (Figura 4.23) e visita guiada pelo canteiro com foco no serviço abordado (Figura 4.24).

Figura 4.23 – Explicação inicial na visita técnica



Fonte: Próprio autor (2012).

Figura 4.24 – Visita guiada no canteiro de obras



Fonte: Próprio autor (2012).

Nestas visitas, foram expostos os pontos críticos encontrados durante a coleta de dados, as situações potencialmente geradoras de dúvidas, a forma de preenchimento das planilhas de coleta do manual de indicadores, além de apresentar o passo a passo da metodologia de coleta, buscando dirimir quaisquer dúvidas.

4.2.2.4 Acompanhamento da implantação do programa

Após a realização das visitas técnicas, iniciou-se o período de coletas de dados, realizadas pelas empresas participantes do programa, que contemplou três ciclos de coleta, de abril a julho/2012. Ao final de cada ciclo foram gerados os relatórios individual e geral para as empresas participantes do programa.

O relatório individual (Figura 4.25) apresenta os resultados coletados e gerados pela empresa construtora durante o mês de coleta em questão e os resultados mínimo, mediano, máximo e de *benchmarking* (histórico) apresentados pelo conjunto de empresas construtoras participantes, permitindo a análise comparativa dos resultados. Já o relatório geral (Figura 4.26) mostra os valores mínimos, medianos e máximo gerados no mês em questão por todas as empresas construtoras participantes do programa, além fornecer o *benchmarking* histórico, que representa o melhor valor alcançado ao longo dos ciclos de coleta.

Figura 4.25 – Exemplo de relatório individual

INDICADOR		Resultados				
		Obra A	Mínimo	Mediana	Máximo	Benchmarking
CONCRETAGEM DE PILAR	Perda de concreto (%)	5,34	1,69	5,26	10,67	1,69
	Produtividade - RUP cam (Hh/m ³)	1,10	0,56	2,03	3,91	0,56
	Produtividade - RUP desc (Hh/m ³)	1,45	0,64	2,34	4,11	0,64
	Produtividade - RUP global (Hh/m ³)	2,26	2,26	5,16	6,13	2,26
CONCRETAGEM DE VIGA + LAJE + COMPL. DE PILAR	Perda de concreto (%)	3,79	1,53	7,64	26,61	1,53
	Produtividade - RUP cam (Hh/m ³)	0,40	0,33	0,40	0,96	0,33
	Produtividade - RUP desc (Hh/m ³)	0,94	0,94	0,97	1,34	0,74
	Produtividade - RUP global (Hh/m ³)	1,53	1,30	1,53	1,86	1,30
ELEVÇÃO DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO	Perda de blocos/tijolos (%)	-	8,00	8,00	8,00	3,00
	Perda de argamassa industrializada (%)	31,02	2,19	16,60	31,02	2,19
	Consumo de argamassa industrializada (kg/m ²)	26,00	21,00	23,50	26,00	21,00
	Produtividade - RUP pedreiro (Hh/m ²)	1,42	0,96	1,19	1,42	0,85
	Produtividade - RUP servente (Hh/m ²)	0,71	0,70	0,71	0,71	0,47
REVESTIMENTO DE EMBOÇO DE FACHADA	Perda de argamassa industrializada (%)	-	-	-	-	-
	Consumo de argamassa industrializada (kg/m ²)	-	-	-	-	-
	Produtividade - RUP pedreiro (Hh/m ²)	-	0,71	0,81	1,62	0,71
	Produtividade - RUP servente (Hh/m ²)	-	0,71	0,81	1,62	0,71

EMPRESA: Construtora A

Coordenação técnica:
Alberto Casado
Suenne Pinho

POLI TECH
TECNOLOGIA E GESTÃO NA CONSTRUÇÃO DE BARRIOS

Associação Brasileira de Cimento Portland

Comunidade da Construção
Impulso a Nova Construção

Contato:
comunidade.progride@gmail.com

Fonte: Próprio autor (2012).

Figura 4.26 – Exemplo de relatório geral (conjunto de empresas)

INDICADOR		Resultados			
		Mínimo	Mediana	Máximo	Benchmarking
CONCRETAGEM DE PILAR	Perda de concreto (%)	1,69	5,26	10,67	1,69
	Produtividade - RUP cam (Hh/m ²)	0,56	2,03	3,91	0,56
	Produtividade - RUP desc (Hh/m ²)	0,64	2,34	4,11	0,64
	Produtividade - RUP global (Hh/m ²)	2,26	5,16	6,13	2,26
CONCRETAGEM DE VIGA + LAJE + COMPL. DE PILAR	Perda de concreto (%)	1,53	7,64	26,61	1,53
	Produtividade - RUP cam (Hh/m ²)	0,33	0,40	0,96	0,33
	Produtividade - RUP desc (Hh/m ²)	0,94	0,97	1,34	0,74
	Produtividade - RUP global (Hh/m ²)	1,30	1,53	1,86	1,30
ELEVÇÃO DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO	Perda de blocos/tijolos (%)	8,00	8,00	8,00	3,00
	Perda de argamassa industrializada (%)	2,19	16,60	31,02	2,19
	Consumo de argamassa industrializada (kg/m ²)	21,00	23,50	26,00	21,00
	Produtividade - RUP pedreiro (Hh/m ²)	0,96	1,19	1,42	0,85
	Produtividade - RUP servente (Hh/m ²)	0,70	0,71	0,71	0,47
REVESTIMENTO DE EMBOÇO DE FACHADA	Perda de argamassa industrializada (%)	-	-	-	-
	Consumo de argamassa industrializada (kg/m ²)	-	-	-	-
	Produtividade - RUP pedreiro (Hh/m ²)	0,71	0,81	1,62	0,71
	Produtividade - RUP servente (Hh/m ²)	0,71	0,81	1,62	0,71

<p>Coordenação técnica: Alberto Casado Suenne Pinho</p>	 POLI TECH <small>TECNOLOGIA E GESTÃO NA CONSTRUÇÃO DE OBRAS</small>	 <small>Associação Brasileira de Cimento Portland</small>	 <small>Comunidade da Construção</small> <small>Comunidade à base de cimento</small>	<p>Contato: comunidade.progride@gmail.com</p>
---	--	---	---	--

Fonte: Próprio autor (2012).

Após o primeiro ciclo de coletas foi realizado um *workshop* com as empresas participantes do programa e outro ao final do terceiro ciclo de coletas, objetivando a troca de experiências e conhecimento sobre as etapas já concluídas. É importante salientar que, também, discutiu-se a respeito das principais dificuldades enfrentadas pelas empresas na implantação do programa.

4.2.3 *Análise da implantação e dos resultados obtidos*

A partir dos resultados obtidos pelo programa foi possível analisar: o programa ao longo de todo o processo de implantação, a variabilidade dos dados encontrados, a situação dos indicadores coletados na cidade de Recife/PE com relação a valores de referência, a identificação e uma breve caracterização do *benchmarking* de cada indicador.

Desta forma, este item está dividido em três etapas, quais sejam: análise da implantação do programa, análise dos resultados obtidos no programa e análise comparativa dos resultados com estudos de referência.

4.2.3.1 *Análise da implantação do programa*

O projeto desenvolvido contemplou a estruturação e implantação do programa, no qual foram realizadas reuniões de trabalho, implantação piloto do programa, visitas técnicas e coleta de dados por parte das empresas participantes.

As empresas buscaram se envolver no projeto como um todo, participando assiduamente da etapa inicial da implantação do programa desde as reuniões de trabalho, onde foram apresentadas as metodologias de coleta, até as visitas técnicas, onde foi possível esclarecer dúvidas com relação ao projeto e à metodologia adotada.

Ao longo do acompanhamento dos três ciclos de coleta, constatou-se o envio de 156 resultados coletados em 15 obras de dez empresas construtoras. Destaca-se ainda que duas construtoras não enviaram resultados devido à ausência de obras nas fases de execução dos serviços contemplados pelo programa ou pela ausência de treinamento interno dos funcionários para entendimento da metodologia de coleta, destacando-se que a

responsabilidade por este tipo de treinamento coube aos representantes enviados por cada empresa para apropriação da metodologia.

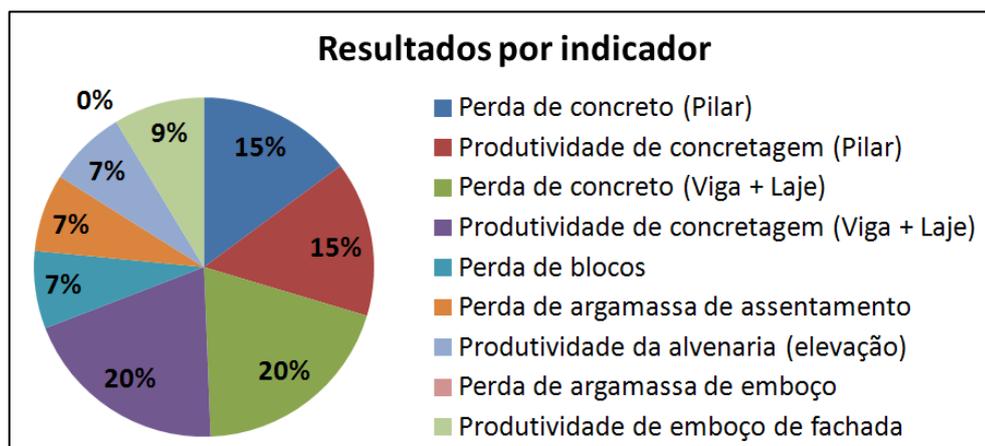
O Quadro 4.11 apresenta o número de entradas para cada indicador tratado pelo programa, enquanto a Figura 4.27 representa a distribuição da quantidade de resultados do programa para cada indicador. Cabe ressaltar que o número de entradas se refere à quantidade de obras que enviaram resultados, independente de pertencerem a diferentes empresas, e que os dados dependiam da disponibilidade de serviços em execução para que houvesse a coleta; além disso, foram gerados os microrresultados (semanais) e os macrorresultados (mensais), sendo estes últimos os apresentados no quadro a seguir e utilizados para análise dos resultados.

Quadro 4.11 – Resumo do número de entradas por indicador

Indicador	Número de entradas			
	1º ciclo	2º ciclo	3º ciclo	Total
Concretagem – Pilar				
Perda de concreto	04	04	04	12
Produtividade – RUP caminhão	04	04	04	12
Produtividade – RUP descarga	04	04	04	12
Produtividade – RUP global	04	04	04	12
Concretagem - Viga + laje + compl. de pilar				
Perda de concreto	06	05	05	16
Produtividade – RUP caminhão	06	05	05	16
Produtividade – RUP descarga	06	05	05	16
Produtividade – RUP global	06	05	05	16
Alvenaria de vedação				
Perda de blocos/tijolos	02	01	03	06
Perda de argamassa industrializada	02	02	02	06
Consumo unitário de argamassa industrializada	02	02	02	06
Produtividade – RUP pedreiro	02	02	02	06
Produtividade – RUP servente	02	02	02	06
Revestimento de emboço de fachada				
Perda de argamassa industrializada	00	00	00	00
Consumo unitário de argamassa industrializada	00	00	00	00
Produtividade – RUP pedreiro	02	03	02	07
Produtividade – RUP servente	02	03	02	07
TOTAL	54	51	51	156

Fonte: Próprio autor (2012).

Figura 4.27 – Distribuição de resultados por indicador



Fonte: Próprio autor (2012).

As informações apresentadas no Quadro 4.11 e na Figura 4.27 ratificam o interesse apresentado desde o cadastramento do programa, uma vez que o número de resultados para os dados relativos à concretagem da estrutura é bastante superior aos contemplados pelas demais tecnologias construtivas. Isto se deve também à realidade vivenciada pelas construtoras da cidade de Recife/PE, onde o fornecimento de concreto tem apresentado deficiências, tais como: atraso para chegada da bomba e/ou do 1º caminhão de concreto; grandes intervalos entre caminhões; não cumprimento das datas de concretagem por dificuldade das concreteiras em atender a uma demanda crescente de obras; entre outros.

É importante salientar que uma das obras teve dificuldades na concretagem de pilares, por isso não coletou dados dos indicadores deste serviço. Daí a diferença percentual dos indicadores de concretagem de pilares e de viga + laje.

Mesmo apresentando interesse de 67% das empresas construtoras durante o cadastramento no programa, percebeu-se que a ausência de dados para os indicadores de perda e consumo unitário de argamassa industrializada para revestimento de emboço de fachada é reflexo de sua utilização, já que ainda são poucos os canteiros que utilizam este tipo de argamassa.

Cabe citar, ainda, que apesar de não ser contemplado pelo programa, houve solicitações para inclusão de resultados, tais como: concretagem de estrutura completa e concretagem de paredes + laje. Destaca-se que foram enviados 20 resultados mensais referentes aos indicadores de concretagem cujo procedimento de execução e/ou tipologia da estrutura não foram tratados pela metodologia adotada.

4.2.3.2 Análise dos resultados obtidos no programa

4.2.3.2.1 Caracterização das empresas

Os resultados obtidos para a caracterização das empresas participantes do programa são apresentados no Quadro 4.12.

Todas as empresas participantes do programa desenvolvem atividades relacionadas à construção de edifícios residenciais, 30% também realizam obras de edifícios comerciais e 20% realizam obras industriais. Percebe-se ainda que a empresa 07 foi a que mais construiu nos últimos 05 anos, com um total de 532.400m² construídos, enquanto a empresa 03 teve uma menor área construída, cerca de 5.250m².

Além de realizar obras residenciais, todas as empresas já participaram de algum tipo de programa institucional de treinamento para qualidade, sendo mais frequentes os treinamentos realizados por empresas consultoras ou pelo SINDUSCON/PE com participação de 80% das empresas.

Os projetos de melhoria também são alvo das empresas participantes, sendo a implantação da ISO 9001 e a introdução melhorias da segurança no trabalho as mais frequentes.

Quadro 4.12 – Caracterização das empresas participantes

	Empresa									
	02	03	04	06	07	08	09	10	13	15
1. Metragem construída nos últimos 5 anos (m ²)	26.000	5.246,48	80.000	25.000	532.400	34.821,73	196.188,67	36.801,80	74.761	45.000
2. Atividades realizadas pela empresa nos últimos 2 anos										
Incorporação e construção de edificações residenciais	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Obras residenciais para clientes privados	X	X								
Obras industriais para clientes privados						X				X
Obras comerciais para clientes privados	X					X	X			
Obras públicas (Habitação de interesse social)						X	X			
3. Participação em programa institucional (treinamentos)										
Convênio com a universidade	X							X		X
Empresa consultora	X	X	X	X		X	X	X	X	X
SEBRAE	X	X								
SENAI	X						X	X		
SINDUSCON	X	X	X		X	X	X	X		X
Outros			X							
4. Projetos de melhoria já desenvolvidos										
Alfabetização	X	X			X		X	X	X	X
ISO 9001	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Padronização de processos	X	X			X	X	X	X		X
Práticas <i>lean</i> no canteiro de obras										
Programa 5S										
Segurança no trabalho	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Outros					X		X			

Fonte: Próprio autor (2012).

4.2.3.2.2 Caracterização dos empreendimentos

Os resultados obtidos para a caracterização dos empreendimentos participantes do programa são apresentados no Quadro 4.13, no qual se verifica que algumas características das obras variam bastante, quais sejam: equipe de supervisão das obras, variando de 02 a 12 integrantes; previsão de duração da obra, variando de 16 a 60,5 meses; número de lajes do empreendimento, variando de 04 a 32 lajes; altura do edifício, variando de 12 a 97 metros.

Apesar de tanta variabilidade de características, algumas são predominantes, como: a tipologia da estrutura, que possui 73,3% das obras com estruturas reticuladas vigadas com lajes planas nervuradas e vigas de bordo; a vedação vertical, que apresenta 66,7% das vedações com uso de alvenaria com tijolos cerâmicos; e o revestimento externo, que possui placas cerâmicas ou pastilhas em 86,7% dos empreendimentos.

Cabe destacar ainda que todos os empreendimentos participantes do programa são residenciais e que 60% são de médio padrão, 20% são de alto padrão e 20% são populares.

Quadro 4.13 – Caracterização dos empreendimentos

	Empresa 2	Empresa 3	Empresa 4	Empresa 6	Empresa 7	Empresa 8		
	Obra A	Obra B	Obra C	Obra D	Obra E	Obra F	Obra G	Obra H
1. Equipe (supervisão):								
Estagiários	01	01	04	-	03	02	01	03
Mestre de obras	01	01	02	-	01	01	01	01
Encarregados	-	-	01	01	03	02	01	03
Técnico em segurança	01	01	02	-	01	01	01	02
Técnico em edificações	-	-	02	-	-	-	-	-
Engenheiros	01	01	01	01	01	01	01	01
2. Tipo de empreendimento	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial
3. Padrão do empreendimento	Alto	Médio	Popular	Médio	Médio	Médio	Alto	Médio
4. Tipo do projeto	Único	Padrão	Padrão	Padrão	Único	Padrão	Padrão	Padrão
5. Previsão de duração da obra	36 meses	50 meses	16 meses	41 meses	27 meses	24 meses	37 meses	32 meses
6. Dados técnicos								
Número de lajes	15	22	20 (5 torres)	23	27	28	22	48 (2 torres)
Altura total do edifício (m)	49,75	60,00	12,00	67,10	86,00	89,00	70,60	69,80
Pé-esquerdo (m)	3,00	2,71	2,70	2,75	2,85	3,00	2,95	3,00
7. Tipologias								
Estrutura	Reticulada vigada com laje plana nervurada e vigas de bordo	Reticulada vigada com laje plana maciça e com vigas de bordo	Parede de concreto com laje plana maciça	Reticulada vigada com laje plana nervurada e vigas de bordo	Reticulada vigada com laje plana maciça e vigas de bordo	Reticulada vigada com laje plana nervurada e vigas de bordo	Reticulada vigada com laje plana nervurada e vigas de bordo	Reticulada vigada com laje plana nervurada e vigas de bordo
Vedação	Tijolo cerâmico	Bloco cerâmico	Parede de concreto	Tijolo cerâmico	Tijolo cerâmico	Tijolo cerâmico	Tijolo cerâmico	Tij. cerâmico e bl. de concreto
Revestimento externo	Emboço e cerâmica	MU ⁵ e cerâmica	Textura	Emboço e cerâmica	Emboço e cerâmica	Emboço e cerâmica	Emboço e cerâmica	Emboço e cerâmica
Revestimento interno	Emboço, cerâmica, gesso, textura e pintura	Emboço e cerâmica	Cerâmica, gesso e pintura	Emboço, MU cerâmica, gesso, textura e pintura	Emboço, cerâmica, gesso e pintura	Emboço, cerâmica, gesso e pintura	Emboço, cerâmica, gesso e pintura	Emboço, cerâmica, gesso e pintura

Fonte: Próprio autor (2012).

⁵ Massa Única

Quadro 4.13 – Caracterização dos empreendimentos (continuação)

	Empresa 9		Empresa 10	Empresa 13	Empresa 15		
	Obra I	Obra J	Obra K	Obra L	Obra M	Obra N	Obra O
1. Equipe (supervisão)							
Estagiários	05	04	-	01	01	02	02
Mestre de obras	01	01	01	01	01	01	01
Encarregados	01	05	02	-	-	01	01
Técnico em segurança	01	01	01	01	01	01	01
Técnico em edificações	-	-	02	-	-	01	-
Engenheiros	01	01	01	01	01	01	01
2. Tipo de empreendimento	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial	Residencial
3. Padrão do empreendimento	Médio	Alto	Médio	Médio	Popular	Médio	Popular
4. Tipo do projeto	Único	Único	Padrão	Único	Único	Único	Único
5. Previsão de duração da obra	37 meses	49 meses	29 meses	28 meses	27 meses	32 meses	60,5 meses
6. Dados técnicos							
Número de lajes	32 (2 torres)	32	20	20	08	TA ⁶ : 19 / TB ⁷ : 15	17
Altura total do edifício (m)	46,60	97,00	54,63	73,00	29,40	TA: 62 / TB: 50	45
Pé-esquerdo (m)	3,00	2,95	2,75	3,00	3,00	3,00	3,00
7. Tipologias							
Estrutura	Reticulada vigada com laje plana nervurada e vigas de bordo	Reticulada vigada com laje plana nervurada e vigas de bordo	Reticulada vigada com laje plana maciça e vigas de bordo	Reticulada vigada com laje plana nervurada e vigas de bordo	Reticulada vigada com laje plana nervurada e vigas de bordo	Reticulada vigada com laje plana nervurada e vigas de bordo	Reticulada vigada com laje plana nervurada e vigas de bordo
Vedação	Bloco cerâmico	Bloco cerâmico	Bloco celular e tijolo cerâmico	Tijolo cerâmico	Bloco de concreto	Tijolo cerâmico	Tijolo cerâmico e dry wall
Revestimento externo	Emboço e cerâmica	MU e cerâmica	Emboço e cerâmica	Emboço e cerâmica	Emboço e textura	Emboço e cerâmica	Emboço, reboco e cerâmica
Revestimento interno	Emboço, M.U., gesso e cerâmica	Emboço, MU e cerâmica	Emboço, pintura, gesso e cerâmica	Emboço, pintura, gesso e cerâmica	Emboço, pintura, gesso e cerâmica	Emboço, MU e cerâmica	Emboço, reboco, cerâmica, gesso pintura e textura

Fonte: Próprio autor (2012).

⁶ Torre A⁷ Torre B

4.2.3.2.3 Resultados obtidos no programa

Os resultados do programa foram obtidos ao longo de três ciclos de coletas. O Quadro 4.14 apresenta estes resultados, apontando os valores mínimo, mediano, máximo e *benchmarking* histórico para cada indicador e o Quadro 4.15 correlaciona os resultados mínimos e máximos com suas respectivas obras. Além disso, é apresentada uma breve discussão acerca dos resultados obtidos.

É importante destacar que a caracterização completa dos insumos/serviços está disposta no Apêndice E. Para análise dos resultados do programa, foram adotados dados estratégicos, visando tornar a discussão mais objetiva.

a) Estrutura de concreto

A partir do Quadro 4.14, verifica-se que há uma diferença significativa entre os valores de mínimo e máximo apresentados pelos indicadores de concretagem da estrutura, com destaque para os valores de perda de concreto na execução de vigas + lajes, cujo coeficiente de variação dos resultados é de 96,6%, indicando que o conjunto de dados apresentado pelas empresas participantes é heterogêneo. O que chama a atenção neste indicador é que os extremos, ou seja, o *benchmarking* e o índice mais alto de perda de materiais, foram obtidos na mesma empresa (Empresa 15), demonstrando uma grande variabilidade de resultados entre diferentes obras da construtora.

De acordo com a caracterização de insumos (Apêndice E), é possível identificar que pouco difere a quantidade de itens e o conteúdo verificado no recebimento do concreto e contido nos pedidos de compras e nas notas fiscais das obras que apresentam os valores de mínimo e máximo. Além disso, estes itens representam características ligadas à qualidade do concreto, que pode gerar perdas na execução, como, por exemplo, pelo uso de um concreto com consistência inadequada. No entanto, grande parte dos fatores que levam à perda devido à deficiência da qualidade do concreto só é identificada após a execução do serviço, gerando retrabalho e reduzindo a produtividade da mão de obra.

Quadro 4.14 - Resultados dos indicadores do programa

Indicadores	1º ciclo de coleta			2º ciclo de coleta			3º ciclo de coleta			Histórico					
	Mín.	Med.	Máx.	Mín.	Med.	Máx.	Mín.	Med.	Máx.	n	Mín.	Med.	Máx.	CV (%)	Benchmarking
Concretagem - Pilar															
Perda de concreto (%)	5,18	7,00	17,29	5,18	5,34	10,67	5,18	7,89	12,95	12	5,18	6,66	17,29	49,51	5,18
Produtividade – RUP caminhão (Hh/m³)	0,95	1,93	4,74	0,70	2,03	3,91	0,99	1,98	3,35	12	0,70	1,98	4,74	59,61	0,70
Produtividade – RUP descarga (Hh/m³)	1,29	2,45	4,74	0,82	2,34	4,11	1,64	2,13	5,17	12	0,82	2,13	5,17	55,55	0,82
Produtividade – RUP global (Hh/m³)	2,26	3,79	5,48	2,26	5,16	7,67	3,14	4,25	7,16	12	2,26	4,78	7,67	39,51	2,26
Concretagem - Viga + laje + compl. de pilar															
Perda de concreto (%)	2,47	4,75	22,40	3,79	8,07	26,61	2,00	3,30	5,64	16	2,00	4,75	26,61	96,62	2,00
Produtividade – RUP caminhão (Hh/m³)	0,38	0,67	0,97	0,37	0,50	0,96	0,33	0,41	1,01	16	0,33	0,47	1,01	41,20	0,33
Produtividade – RUP descarga (Hh/m³)	0,74	1,24	1,55	0,94	1,12	1,34	0,64	0,87	1,11	16	0,64	1,09	1,55	24,37	0,64
Produtividade – RUP global (Hh/m³)	1,45	1,80	2,53	1,30	1,53	2,54	1,02	1,85	2,09	16	1,02	1,73	2,54	24,88	1,02
Alvenaria de vedação															
Perda de blocos/tijolos (%)	3,00	9,00	15,00	8,00	8,00	8,00	0,83	2,00	4,00	06	0,83	3,50	15,00	96,38	0,83
Perda de argamassa industrializada (%)	33,80	231,55	429,29	31,02	125,24	219,47	12,34	103,40	194,46	06	12,34*	114,13	429,29**	105,66	12,34
Consumo unitário de argamassa industrializada (kg/m²)	26,76	30,63	34,50	21,00	23,50	26,00	19,42	20,95	22,47	06	19,42	24,24	34,50	21,73	19,42
Produtividade – RUP pedreiro (Hh/m²)	0,85	1,44	2,03	0,96	1,19	1,42	0,97	1,19	1,40	06	0,85	1,19	2,03	34,80	0,85
Produtividade – RUP servente (Hh/m²)	0,47	0,82	1,17	0,70	0,71	0,71	0,58	0,79	0,99	06	0,47	0,71	1,17	34,02	0,47
Produtividade – RUP global (Hh/m²)	1,32	2,26	3,20	1,66	1,90	2,13	1,55	1,97	2,39	-	1,32	1,90	3,20	33,79	1,32
Revestimento de emboço de fachada															
Perda de argamassa industrializada (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Consumo unitário de argamassa industrializada (kg/m²)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Produtividade – RUP pedreiro (Hh/m²)	1,40	1,95	2,50	0,71	0,81	1,62	0,82	0,87	0,92	07	0,71	0,92	2,50	51,47	0,71
Produtividade – RUP servente (Hh/m²)	1,28	1,89	2,50	0,71	0,81	1,62	0,82	0,87	0,92	07	0,71	0,92	2,50	51,95	0,71
Produtividade – RUP global (Hh/m²)	2,68	3,84	5,00	1,42	1,62	3,24	1,64	1,74	1,84	-	1,42	1,84	5,00	51,68	1,42

* Consumo de referência adotado = 20,0 kg/m²

** Consumo de referência adotado = 6,6 kg/m²

Fonte: Próprio autor (2012).

Quadro 4.15 – Indicadores mínimos e máximos x Obras

Indicadores	Mínimo	Máximo
Concretagem - Pilar		
Perda de concreto (%)	Obra M	Obra N
Produtividade – RUP caminhão (Hh/m ³)	Obra D	Obra M
Produtividade – RUP descarga (Hh/m ³)	Obra D	Obra O
Produtividade – RUP global (Hh/m ³)	Obra B	Obra D
Concretagem - Viga + laje		
Perda de concreto (%)	Obra M	Obra N
Produtividade – RUP caminhão (Hh/m ³)	Obra K	Obra M
Produtividade – RUP descarga (Hh/m ³)	Obra D	Obra N
Produtividade – RUP global (Hh/m ³)	Obra O	Obra D
Alvenaria de vedação		
Perda de blocos/tijolos (%)	Obra J	Obra E
Perda de argamassa industrializada (%)	Obra B	Obra E
Consumo unitário de arg. ind. (kg/m ²)	Obra H	Obra E
Produtividade – RUP pedreiro (Hh/m ²)	Obra E	Obra B
Produtividade – RUP servente (Hh/m ²)	Obra E	Obra B
Produtividade – RUP global (Hh/m ²)	Obra E	Obra B
Revestimento de emboço de fachada		
Produtividade – RUP pedreiro (Hh/m ²)	Obra L	Obra L
Produtividade – RUP servente (Hh/m ²)	Obra L	Obra L
Produtividade – RUP global (Hh/m ²)	Obra L	Obra L

O tipo de transporte de concreto utilizado foi considerado um potencial influenciador das perdas, já que a Obra M realizava a concretagem de pilares com elevador de obra e auxílio de 09 jericas e bomba lança para concretagem de vigas, laje e complemento de pilares, enquanto para estas duas fases da concretagem a Obra N utilizava a bomba estacionária. Diante disto, a provável origem do desperdício devido ao tipo de transporte utilizado é o não planejamento do uso do concreto restante na tubulação e no cocho da bomba para fins estruturais.

Considerando os dados de perda na concretagem de vigas, laje e complemento de pilares, é possível verificar que apesar de apresentar uma maior variabilidade de resultados, a mediana alcançada é satisfatória, uma vez que se encontra mais próxima do mínimo, sendo superior em apenas 11,2%, enquanto dista do máximo em 88,8%. Vale salientar ainda que o valor máximo é 5,6 vezes maior que o índice de perdas mediano. Além disso, a partir da avaliação dos resultados coletados ao longo dos três ciclos, foi possível constatar que os picos de perda de

concreto foram obtidos em apenas uma obra, ratificando que este resultado é pontual e não reflete a realidade da construção civil na cidade de Recife/PE.

A partir da caracterização do serviço de concretagem (Apêndice E), identificou-se que a mão de obra designada para execução deste serviço é própria nas Obras B e O (melhor desempenho), enquanto na Obra D a equipe é composta por funcionários próprios e terceirizados, apenas para concretagem de vigas, laje e complemento de pilares. Desta forma, é possível citar que a composição da equipe pode ser um potencial fator influenciador da produtividade na concretagem de vigas, laje e complemento de pilares.

Os indicadores de RUPdescarga e RUPglobal para concretagem de vigas, lajes e complementos de pilar apresentam coeficientes de variação de 24,4% e 24,9%, respectivamente, sendo bastante inferiores ao de perdas (96,6%), cerca de quatro vezes menor, demonstrando a proximidade entre as realidades destes indicadores. Isto ocorre devido aos fatores que podem interferir nestes resultados, principalmente, os atrasos na chegada da bomba, do 1º caminhão e entre caminhões. Cabe ressaltar que estes atrasos têm sido alvo de queixa por parte de várias empresas construtoras, que têm atrasado seus serviços devido a falhas no fornecimento do concreto usinado.

b) Alvenaria de vedação

Tratando-se da alvenaria de vedação, a perda de blocos/tijolos apresenta uma relevante diferença entre o mínimo e o máximo, sendo o último cerca de 18 vezes maior que o primeiro.

Analisando as características do empreendimento e dos insumos verificou-se que alguns dos fatores podem ter influenciado esta diferença de resultados, quais sejam: a tipologia dos componentes, uma vez que a Obra J utiliza bloco cerâmico e a Obra E tijolo cerâmico; a família de blocos, presente na Obra J e ausente na Obra E, sendo o potencial gerador de perdas devido a necessidade de quebra de tijolos inteiros para atendimento a amarração das paredes; a responsabilidade da descarga dos componentes, na Obra J a própria obra era responsável pela descarga dos blocos, enquanto na obra E a descarga era realizada pelo próprio fornecedor. Apesar de utilizar a mão de obra da empresa para este fim, este pode ser um fator positivo para a Obra J, visto que a construtora é maior interessada em manter a integridade dos blocos/tijolos.

Além destes, a ausência do registro da resistência do componente solicitado e do aviso de entrega do laudo de ensaio no pedido de compras são fatores que podem influenciar negativamente o indicador de perdas, uma vez que estas informações podem ser utilizadas como recurso para controle da qualidade do produto fornecido.

Outro indicador que apresentou grande amplitude (417,0%) entre os valores de mínimo e máximo foi o de perda de argamassa industrializada, sendo o mínimo aproximadamente 35 vezes inferior ao máximo, devido principalmente ao consumo de referência adotado. Isto pode ser constatado através da diferença entre os coeficientes de variação da perda de argamassa industrializada (105,7%) e do consumo unitário deste material (21,7%) e da diferença entre os consumos de referência adotados pelo valor que representa mínimo (20kg/m²) e máximo (6,6kg/m²) de perda.

Quanto à produtividade da mão de obra, verificou-se que o coeficiente de variação deste indicador é bastante inferior quando comparado aos apresentados pelos indicadores de perda, cerca de três vezes menor. Além disso, foi possível identificar que, apesar de não haver treinamento da mão de obra para execução do serviço, a Obra E alcançou os melhores valores de produtividade e os índices mais elevados de perda de materiais, tanto de tijolos como de argamassa industrializada. Este conjunto de fatores indica que havia incentivo da equipe gestora em imprimir um elevado ritmo de produção, mas apresentava deficiências no gerenciamento de materiais e no controle da execução dos serviços.

c) Revestimento de emboço de fachada

Com relação ao revestimento de emboço da fachada, as empresas construtoras não apresentaram dados de perda e consumo unitário, visto que, conforme citado anteriormente, ainda são poucos os canteiros que utilizam argamassa industrializada na Região Metropolitana de Recife/PE. Cabe destacar que as empresas justificaram a não adoção deste material em função da relação custo x benefício.

Diante dos resultados apresentados, verifica-se que a mediana da RUPglobal para a execução do emboço de fachada está mais próxima do *benchmarking*, sendo apenas 11,7% maior, enquanto o valor máximo encontrado é 88,3% superior à produtividade mediana, considerando os valores extremos do indicador encontrados no programa.

Analisando a produtividade da mão de obra deste serviço, identificou-se que os valores de mínimo e máximo são relativos à mesma obra, o que representa uma situação atípica diante o conjunto de dados coletados. Desta forma, buscou-se contatar o responsável pela coleta, a fim de entender os motivos pelos quais ocorreu tal diferença, que informou que o valor máximo foi atingido devido a problemas de quebra em equipamentos de transporte da obra (guincho e grua) e insatisfação da mão de obra com relação ao pagamento. Além disso, é possível citar o fator aprendizagem, visto que a produtividade foi melhorando ao longo do tempo. Isto foi observado por meio dos resultados semanais enviados pelas construtoras, não sendo apresentado neste trabalho devido à grande quantidade de resultados semanais.

Diante do exposto, verifica-se que a diversidade de resultados encontrada pode ser atribuída a uma série de fatores, no entanto, a presença/deficiência na gestão dos processos e as anormalidades ocorridas no canteiro de obras podem ser citadas como justificativa de uma parte relevante dos resultados.

4.2.3.3 Análise comparativa dos resultados com estudos de referência

Neste item são apresentados os resultados alcançados ao longo da implantação do programa em comparação com os resultados provenientes de estudos de referência, os quais já foram descritos nos capítulos 2 e 3 deste trabalho. Cabe salientar que algumas referências não foram contempladas nesta análise, pois, apesar de serem passíveis de comparação pontual, com médias e/ou mediana, mas sem o uso de mínimos e máximos, ou utilizando somente dados de referência para fins de orçamento, não permitiam a composição de uma faixa completa de variação com mínimo, mediana e máximo.

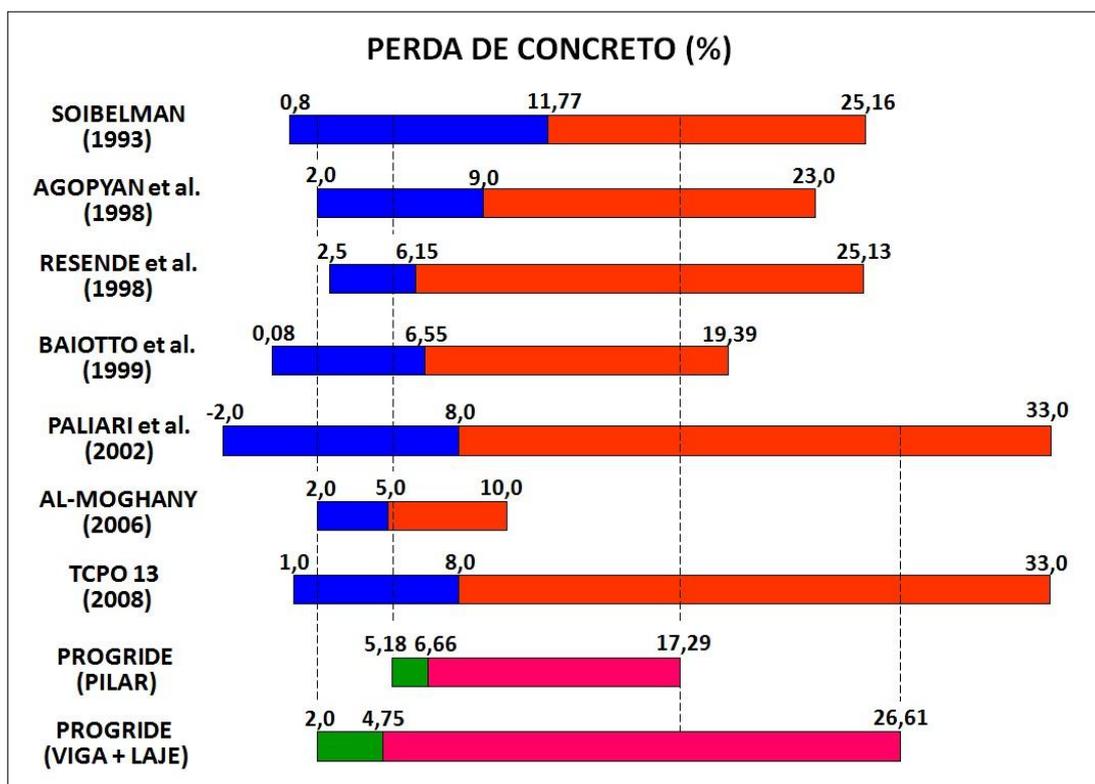
4.2.3.3.1 Perda de concreto

Tratando-se da perda de concreto, a Figura 4.28 apresenta os resultados do PROGRIDE comparados a 07 estudos de referência.

A partir dos dados apresentados na Figura 4.28, verifica-se que os resultados provenientes do programa estão dentro da realidade brasileira, apresentando medianas inferiores as citadas por

Soibelman (1993), Agopyan et al. (1998), Paliari et al. (2002) e TCPO (2008). Considerando apenas os dados relativos à perda de concreto na execução de vigas, complemento de pilares e laje, é possível constatar que a mediana é inferior a todas as medianas apresentadas pelos estudos de referência.

Figura 4.28 – Comparação de perdas de concreto com estudos anteriores (%)



Fonte: Próprio autor (2012).

Ainda de acordo com a Figura 4.28 o valor máximo encontrado para perda de concreto na execução de pilares (17,3%) é o mais baixo entre as pesquisas nacionais (19,4% a 33,0%), sendo superior apenas ao máximo (10%) relatado por Al-Moghany (2006). Enquanto, a perda máxima de concreto na execução de vigas, complemento de pilares e laje é inferior apenas aos estudos apresentados por Paliari et al. (2002) e TCPO (2008), embora esteja bastante próximo, com diferença inferior a 11,0%, dos valores máximos apresentados por Soibelman (1993), Agopyan et al. (1998) e Resende et al. (1998).

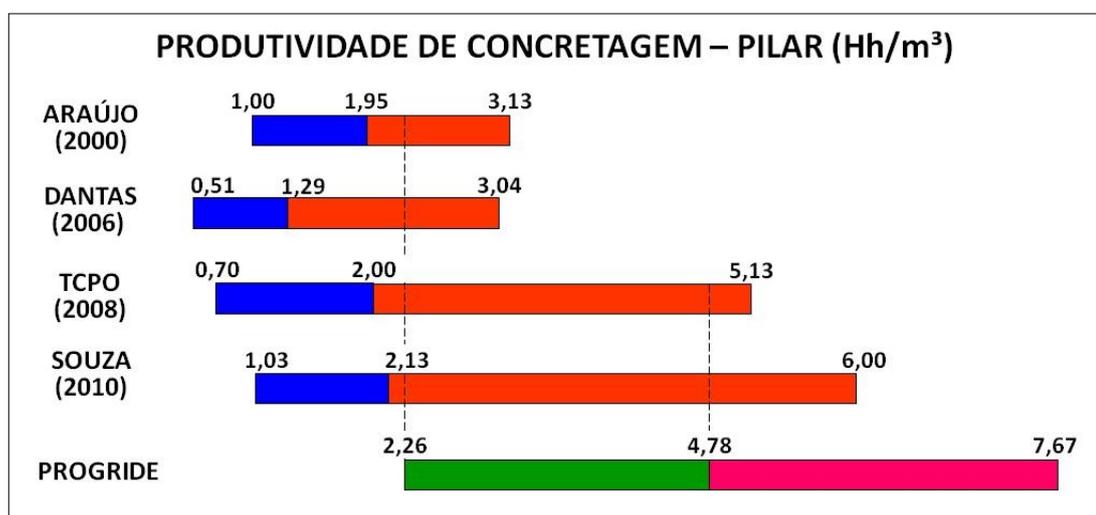
Com relação ao *benchmarking*, a perda de materiais na concretagem de vigas, laje e complemento de pilares foi igual à encontrada por Agopyan et al. (1998) e Al-Moghany (2006). Tratando-se do *benchmarking* para o índice de perda na execução de pilares, percebe-

se que o valor alcançado pelo programa é passível de melhoria, uma vez que este se encontra acima dos *benchmarks* dos 07 estudos apresentados.

4.2.3.3.2 Produtividade na concretagem de pilares

A adoção da produtividade da concretagem dividida em duas etapas, das quais uma é a concretagem de pilares, permitiu a comparação dos resultados com 04 estudos de referência (Figura 4.29).

Figura 4.29 – Comparação de resultados da produtividade da concretagem de pilares (Hh/m³)



Fonte: Próprio autor (2012).

Diante das comparações representadas pela Figura 4.29, é possível perceber que os resultados do programa encontram-se distantes dos apresentados pelos demais estudos. Isto pode ser observado pelo fato de que o valor mínimo alcançado pelo programa é superior às medianas citadas pelas outras referências. Além disso, o valor máximo é 23,3% maior que o estudo relatado por Souza (2010), que é a referência que apresenta o valor mais alto dentre os máximos apontados.

Considerando o mínimo e máximo do conjunto de dados apresentado na Figura 4.29, verifica-se que o mínimo alcançado pelo programa é 24,4% superior ao mínimo do conjunto de dados e ainda 1,8% superior a mediana máxima dos estudos de referência. A mediana do programa é apenas 17,0% inferior ao máximo do conjunto de dados. Estas informações indicam que há

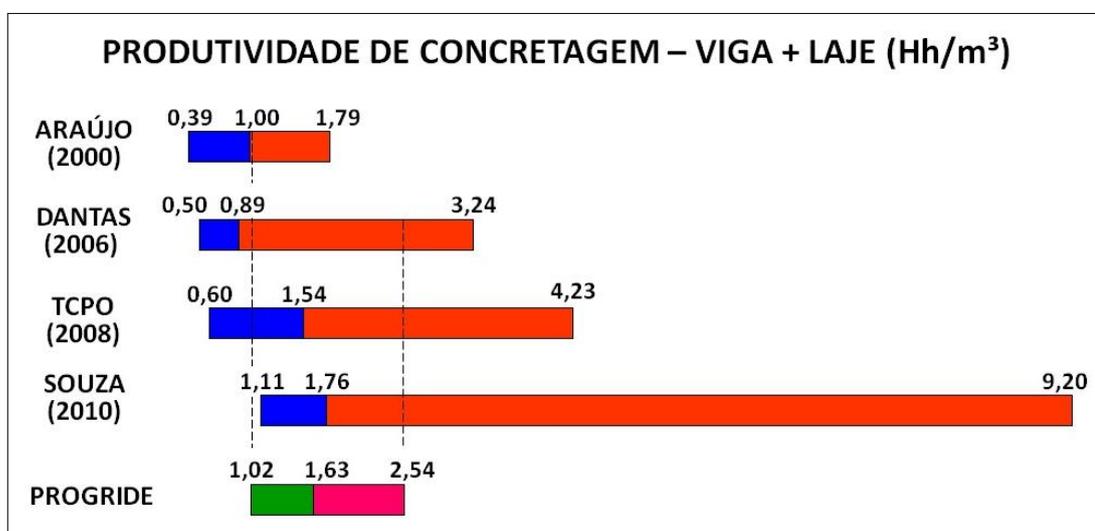
possibilidade de melhoria dos indicadores, principalmente considerando o estudo realizado por Souza (2010), que também foi desenvolvido na cidade de Recife/PE, ou seja, numa realidade semelhante à vivida pelas empresas participantes do programa.

4.2.3.3.3 Produtividade na concretagem de vigas, laje e complemento de pilares

Com relação à produtividade da mão de obra na execução de vigas, laje e complemento de pilares, compararam-se os dados do programa com os mesmos estudos utilizados no item 4.2.3.3.2.

Diferente da realidade encontrada na produtividade da concretagem de pilares, os resultados alcançados foram mais satisfatórios, encontrando-se inseridos na realidade dos dados apontados pelos demais estudos (Figura 4.30).

Figura 4.30 – Comparação de resultados da produtividade da concretagem de complemento de pilares, vigas e laje (Hh/m³)



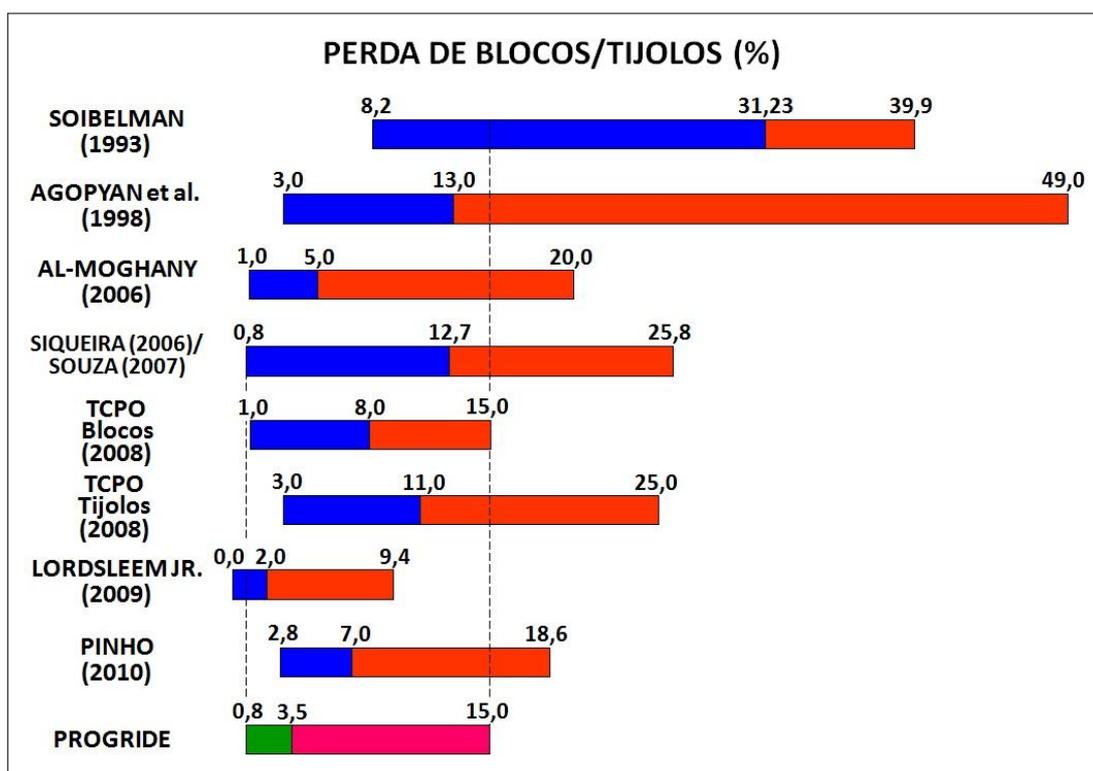
Fonte: Próprio autor (2012).

O valor mínimo alcançado pelo programa é o segundo mais alto entre os mínimos do conjunto de dados (Figura 4.30) e o valor máximo é o segundo mais baixo do conjunto, o que gera uma curta faixa de variação, indicando a ausência de resultados discrepantes. O valor máximo alcançado pelo programa é 75,6% inferior ao máximo do conjunto de dados e a mediana foi de 1,63Hh/m², sendo 8,4% superior à mediana mínima, citada por Dantas (2006), e 1,5% inferior à mediana máxima, descrita por Souza (2010).

4.2.3.3.4 Perda de blocos/tijolos

A Figura 4.31 apresenta os resultados do PROGRIDE comparados a 08 referências. Cabe destacar que no contexto abordado pelo programa estão inseridas obras que utilizam blocos cerâmicos ou de concreto e tijolos cerâmicos.

Figura 4.31 – Comparação de resultados de perda de blocos/tijolos (%)



Fonte: Próprio autor (2012).

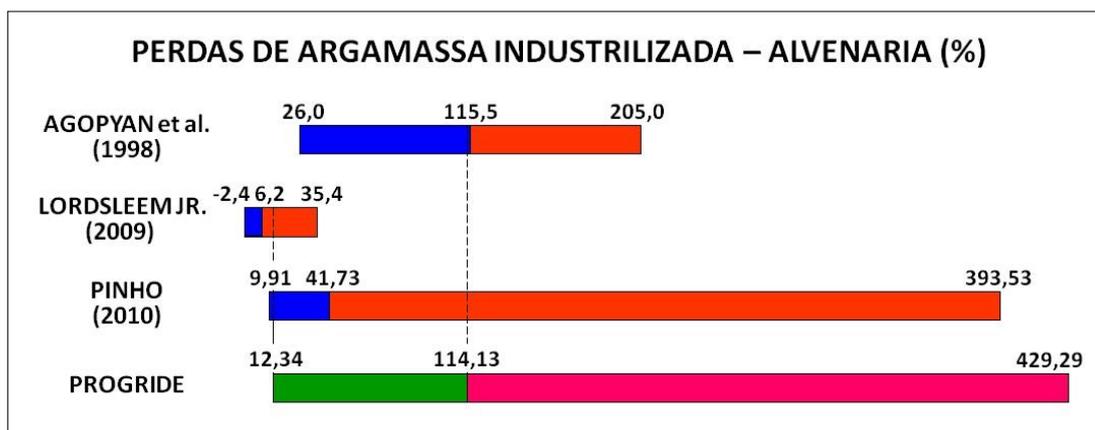
Diante dos resultados expostos na Figura 4.31, identificou-se que a faixa de variação alcançada pelo programa é satisfatória, quando comparadas aos demais estudos. Isto pode ser comprovado pelo fato de que apenas o estudo relatado por Lordsleem Jr. (2009) apresentou valores mínimo e máximo inferiores aos do programa.

Considerados os extremos mínimo e máximo do conjunto de dados, foi possível verificar que o valor mínimo do programa é apenas 1,6% superior ao mínimo descrito por Lordsleem Jr. (2009) e o máximo 11,4% superior ao valor máximo citado por esta referência. Comparados aos mais altos valores mínimo e máximo, verifica-se que o mínimo apontado pelo programa é 15,1% inferior e o máximo 69,4% inferior ao apresentado pelo conjunto de dados.

4.2.3.3.5 Perda de argamassa industrializada para alvenaria de vedação

Os resultados do indicador de perda de argamassa apresentaram extremos mínimo e máximo bastante distantes (Figura 4.32). Esta variabilidade é proveniente do uso de diferentes consumos de referência utilizados para cálculo do indicador de perdas.

Figura 4.32 – Comparação de resultados de perda de argamassa industrializada para alvenaria (%)

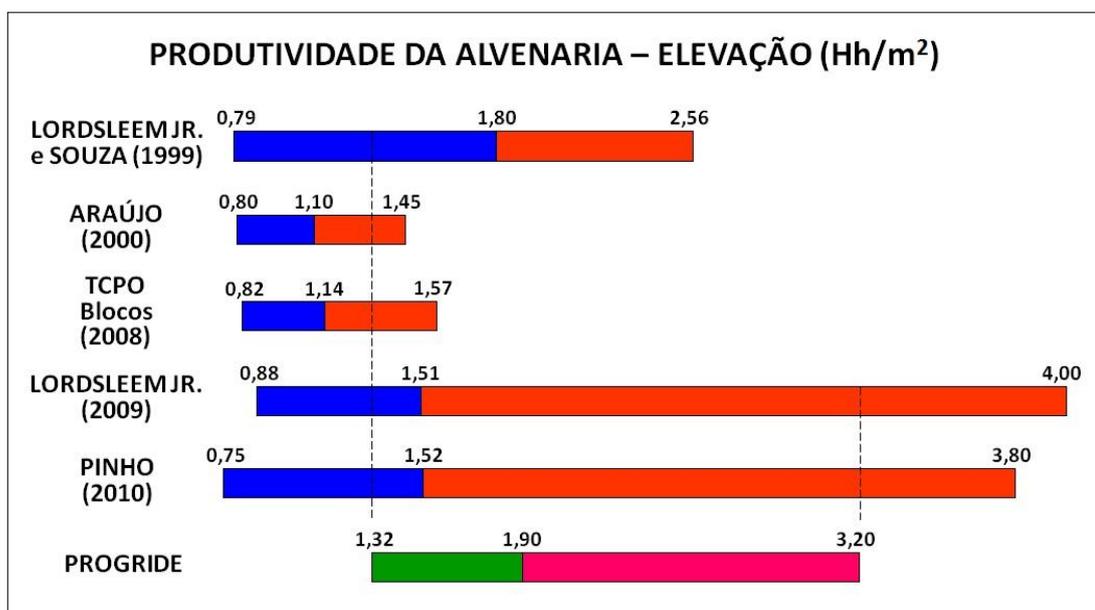


Fonte: Próprio autor (2012).

De acordo com a Figura 4.32, verifica-se que os resultados do programa apresentam a maior amplitude (417,0%) dentre os estudos citados na pesquisa. Além disso, o valor mínimo alcançado pelo programa é 3,4% superior ao mínimo do conjunto de dados representado na Figura 4.32, enquanto o máximo do programa é 8,3% superior ao máximo dos demais estudos. Apesar dos percentuais de comparação - dados do programa com relação ao conjunto de todos os dados, englobando os estudos de referência - estarem abaixo de 10%, é importante salientar que estas diferenças são relevantes, uma vez que a faixa de variação é ampla.

4.2.3.3.6 Produtividade na elevação da alvenaria de vedação

A Figura 4.33 apresenta os resultados do PROGRIDE comparados a 05 referências. Considerando os dados provenientes de outras referências é evidente o potencial de melhoria dos resultados do programa, uma vez que a mediana e o mínimo são os mais altos dentre os estudos citados, sendo o mínimo 17,5% maior que o valor mínimo do conjunto de dados.

Figura 4.33 – Comparação de resultados de produtividade na elevação da alvenaria (Hh/m²)

Fonte: Próprio autor (2012).

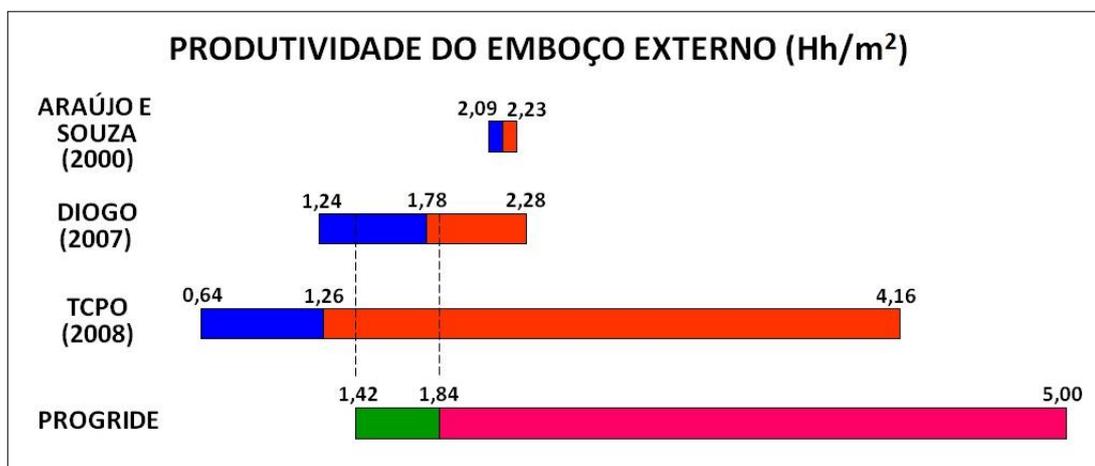
Tratando-se dos valores máximos, identificou-se que o máximo do programa foi 24,6% inferior ao valor maior e 53,9% superior ao valor menor dos máximos dentre demais estudos. Além disso, foi possível perceber que as três referências cujo valor máximo é inferior ao do programa, Lordsleem e Souza (1999), Araújo (2000) e TCPO (2008), têm dados originados no estado de São Paulo, enquanto os dois maiores, Lordsleem Jr. (2009) e Pinho (2010), apresentam pesquisas realizadas em Recife/PE; isto demonstra que a produtividade na elevação da alvenaria pode ser uma deficiência local. No entanto, a análise da Figura 4.33 indica que há redução do valor máximo das pesquisas desenvolvidas em Recife/PE com o decorrer dos anos, demonstrando que a produtividade deste serviço tem evoluído nesta região.

4.2.3.3.7 Produtividade na execução do emboço de fachada

Para comparação dos resultados de produtividade do emboço de fachada, utilizaram-se dados relativos às RUPs cumulativas, uma vez que os resultados do programa foram cumulativos ao longo de cada mês de coleta. Isto foi possível porque os estudos de referência apresentaram dados de mais de uma obra, contexto similar ao do programa, com exceção do TCPO (2008) que serve como base para composição de orçamento.

Desta forma, a Figura 4.34 apresenta os resultados do PROGRIDE comparados a três referências de produtividade da mão de obra na execução do emboço de fachada.

Figura 4.34 – Comparação de resultados de produtividade do emboço de fachada (Hh/m²).



Fonte: Próprio autor (2012).

A partir do conjunto de dados representado através da Figura 4.34, pode-se constatar que o programa obteve a produtividade mais baixa, ou seja, com o valor mais alto dentre os estudos, sendo 19,3% maior que o máximo dentre as demais referências.

Avaliando o mínimo alcançado pelo programa, é possível verificar que este se encontra 4,1% e 17,9% acima dos mínimos relatados por Diogo (2007) e pelo TCPO (2008), respectivamente.

Em geral, identificou-se que um fator que pode ter influenciado negativamente os resultados do programa para este indicador foi o dimensionamento da equipe, uma vez que as duas obras possuíam a relação de 01 servente para cada pedreiro e outra obra tinha a equipe composta por 07 serventes e 09 pedreiros, enquanto as obras apresentadas por Diogo (2007) apresentavam as relações de 02 serventes para 03 a 05 pedreiros. Um melhor dimensionamento da equipe poderia reduzir a quantidade de serventes dedicada ao serviço, aumentando a produtividade da mão de obra.

4.2.3.4 Análise do programa pelas empresas construtoras

Ao final do terceiro ciclo de coleta, foi realizada uma pesquisa junto às empresas participantes visando avaliar o programa de indicadores de desempenho (PROGRIDE), buscando identificar aspectos relativos às diversas etapas do seu desenvolvimento. Esta pesquisa, que fundamentou a análise do programa, foi realizada através da aplicação do questionário de avaliação da implantação junto às empresas participantes do programa (Apêndice B). O questionário foi respondido por 09 construtoras participantes e os resultados estão dispostos no Quadro 4.16.

Com relação à estruturação e implantação do programa, as empresas avaliaram a sistemática adotada para apresentação dos indicadores e da metodologia de coleta, bem como o manual de indicadores desenvolvido para dar suporte à coleta de dados, as visitas técnicas realizadas em campo e o sistema de envio de resultados e divulgação dos mesmos (relatórios individual e geral). Considerando os itens de 1 a 5 (Quadro 4.16), verifica-se que houve 93,3% de respostas positivas, com conceitos entre bom e ótimo. Além disso, 88,9% das empresas participantes aprovaram todos os itens relativos ao processo adotado para estruturação e implantação do programa.

Quanto à reação dos profissionais designados pela empresa para coleta dos indicadores, 33,3% das empresas classificaram a reação como regular e, independente da classificação assinalada, 44,4% empresas participantes relataram sobre uma resistência inicial, visto que era uma atividade adicional, ainda que demandasse pouco esforço. A quebra do paradigma, inclusive, foi citada como uma das dificuldades encontradas na implantação do programa.

É importante salientar que apenas uma empresa não teve o programa avaliado pela alta direção e que a pretensão de continuar medindo os indicadores abordados pelo programa é unânime entre as empresas participantes do programa. Além disso, identificou-se que 77,78% das empresas desenvolveram ações de melhoria em função do *benchmarking* encontrado.

Quadro 4.16 - Avaliação da implantação do programa pelas empresas construtoras

	Empresa 02	Empresa 03	Empresa 04	Empresa 06	Empresa 08	Empresa 09	Empresa 10	Empresa 13	Empresa 15
1. Reuniões de trabalho	Bom	Ótimo	Bom	Regular	Ótimo	Ótimo	Bom	Ótimo	Bom
2. Planilhas do manual de indicadores	Bom	Bom	Ótimo	Regular	Bom	Bom	Bom	Ótimo	Bom
3. Visitas técnicas	Ótimo	Ótimo	Bom	Regular	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Bom
4. Forma para envio de resultados	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Bom	Ótimo	Bom	Bom	Ótimo	Ótimo
5. Formato dos relatórios (geral e individual)	Ótimo	Bom	Ótimo	Bom	Ótimo	Ótimo	Bom	Ótimo	Bom
6. Reação dos envolvidos para início da coleta	Bom	Bom	Regular	Bom	Ótimo	Bom	Bom	Regular	Regular
7. Avaliação do PROGRIDE pela alta direção	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Ótimo	-	Ótimo	Bom
8. Foram desenvolvidas ações de melhoria em função do <i>benchmarking</i> ?	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
9. Pretende-se continuar medindo os indicadores abordados pelo PROGRIDE?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
10. Principais dificuldades encontradas ao longo da implantação do programa	a) Mudança de cultura , pequena resistência da equipe técnica pela adição das atividades de monitoramento; b) Falta de estrutura para monitoramento dos novos indicadores ; c) Dificuldade de disseminação da prática de medição entre os responsáveis pela coleta de informações.								
11. Principais benefícios trazidos pela implantação do programa	a) Maior controle dos processos, reduzindo a perda de materiais e aumentando a produtividade da mão de obra ; b) Criação de indicadores em função dos resultados do programa; c) Comparação com resultados de outras construtoras (<i>benchmarking</i>) ; d) Inserção de novos indicadores no SGQ; e) Criação de bancos de dados para a construtora; f) Melhoria da qualidade dos serviços e dos profissionais; g) Maior lucratividade para empresa.								

Fonte: Próprio autor (2012).

Em resposta ao questionário, as empresas citaram que a mudança de cultura e a falta de estrutura para monitoramento de novos indicadores foram as principais dificuldades encontradas ao longo da implantação do programa. Apesar de todo o esforço envolvido, percebeu-se que algumas empresas tiveram dificuldades em disseminar internamente a metodologia adotada pelo programa, prejudicando a integridade da coleta de dados. Cabe destacar que alguns dos resultados enviados apresentaram falhas, que podem ter sido originadas na coleta ou na compilação dos dados. Por isso, durante o período de validação, houve a necessidade de revisão ou descarte de alguns dos resultados.

Tratando-se dos benefícios alcançados pela implantação do programa, as empresas listaram vários aspectos, mas os principais foram: a possibilidade de controlar e entender melhor os seus processos, viabilizando a redução das perdas de materiais e o aumento da produtividade da mão de obra, e possibilitar a prática do *benchmarking* entre diversas empresas construtoras que estão inseridas num mesmo contexto.

Os resultados apresentados ao longo deste capítulo foram obtidos através uso de metodologia padronizada para a coleta de dados, o que permitiu a realização do *benchmarking* interno, uma vez que algumas construtoras coletaram dados em mais de uma obra, e externo, entre empresas construtoras da cidade de Recife/PE. Além disso, o programa desenvolvido proporcionou a geração de valores de referência passíveis de comparação com dados de outras localidades contemplados por referências especializadas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões

Esta dissertação apresentou a pesquisa de mestrado acadêmico cujo tema intitulou-se: “Desenvolvimento de programa de indicadores de desempenho para tecnologias construtivas à base de cimento: perdas, consumo e produtividade”. Através desta, foi possível compreender a importância da medição de desempenho para atendimento às exigências de um mercado que cresce em ritmo acelerado.

Dentro deste contexto, os objetivos propostos para este trabalho foram cumpridos com êxito, isto pode ser verificado por meio da análise do conteúdo apresentado. O primeiro objetivo de criar a metodologia para o desenvolvimento do programa foi alcançado no capítulo 4, mais especificamente no item 4.1. A metodologia criada compreendeu a estruturação do programa, sua implantação e análise.

O segundo objetivo foi descrever o programa de indicadores de desempenho ao longo de todo o seu desenvolvimento (estruturação e implantação). Este objetivo foi cumprido no capítulo 4, desde o início do item 4.1 até o item 4.2.2.4. O programa foi estruturado basicamente em três etapas, quais sejam: a definição do programa, onde foram estabelecidos os onze indicadores e as metodologias básicas para obtenção de dados de cada indicador; o desenvolvimento do manual de indicadores, que contemplou nove cadernos que subsidiaram as caracterizações e apoiaram a coleta de informações; e a seleção das empresas, realizada através de um *workshop*, onde houve o cadastramento inicial de quinze construtoras.

Finalizada a estruturação do programa, deu-se início a implantação do programa que, também, foi dividida em três etapas: reuniões de trabalho, no total foram realizadas três reuniões, nas quais foram disseminados os indicadores e suas respectivas metodologias de coleta; em paralelo, ocorreu a implantação piloto *in loco*, onde foi atestada a aplicabilidade dos indicadores, das metodologias de coleta e do manual de indicadores, as dificuldades encontradas nesta etapa possibilitaram o ajuste da metodologia de coleta e do manual de indicadores; por fim, foram realizadas as visitas técnicas em campo, que permitiram aos participantes do programa dirimir quaisquer dúvidas quanto ao procedimento de coleta.

O processo de estruturação e implantação do programa foi acompanhado pela presente autora, o que possibilitou a análise de toda a fase de implantação e dos resultados obtidos, visando atestar os benefícios resultantes, terceiro objetivo do programa. Este objetivo foi alcançado pelos itens 4.2.3.1, onde o programa foi analisado sob o ponto de vista da autora, e 4.2.3.4, onde a análise foi feita sob o ponto de vista das empresas construtoras participantes do programa.

A geração valores de referência para o setor, o quarto objetivo do trabalho, foi efetivada e está apresentada no item 4.2.3.2. Os relatórios individuais e gerais gerados mensalmente foram utilizados como ferramenta para o acompanhamento durante a implantação do programa e obtenção destes valores de referência.

Finalmente, o quinto objetivo de analisar comparativamente os resultados do programa com estudos de referência foi cumprido pelo item 4.2.3.3. Os resultados foram comparados aos estudos de referência apresentados nos capítulos 2 e 3, através da confrontação de faixas de variação, onde foi possível identificar para cada indicador a sua situação com relação a bibliografias especializadas.

A partir dos resultados obtidos nos itens supracitados e da análise da implantação, verificou-se que foram gerados 156 resultados de 15 obras de 10 empresas construtoras, além destes ainda foram gerados dados relacionados à concretagem de estrutura completa e de paredes de concreto, que não estão inseridos no escopo deste trabalho.

A caracterização dos insumos/serviços, empreendimentos e empresas participantes integraram a análise dos resultados do programa. Nesta análise também foram avaliados os valores gerados pelo programa, buscando, por meio das informações presentes nas caracterizações supracitadas, identificar alguns os fatores potencialmente influenciadores dos resultados.

Cabe salientar que os indicadores de perda de materiais coeficientes de variação de 96,6%, 96,4% e 105,7% para perda de concreto na execução de viga + laje + complemento de pilares, perda de blocos/tijolos e perda de argamassa para alvenaria, respectivamente; enquanto RUPdescarga e RUPglobal na concretagem de vigas, laje e complemento de pilares e consumo unitário de argamassa industrializada apresentam coeficientes de variação de 24,4%,

24,9% e 21,7%, respectivamente. Isto indica que os indicadores de perda apresentam maior variabilidade de resultados quando comparados aos demais indicadores.

A análise do programa pelas empresas construtoras resultou na aprovação da maioria dos itens questionados. Por meio dos questionários de avaliação do programa respondidos pelas construtoras, pode-se verificar que: 93,3% de respostas entre bom e ótimo para questionamentos sobre a qualidade do programa desenvolvido; 86,67% das empresas desenvolveram ações de melhoria em função do *benchmarking* encontrado; os principais benefícios do programa foram o maior controle e entendimento dos processos e a possibilidade da prática do *benchmarking*; e as maiores dificuldades para implantação do programa estão atreladas à mudança de cultura dos funcionários e a falta de estrutura para monitoramento de novos indicadores.

Além destas informações, foi possível identificar que as empresas construtoras têm interesse pela medição de desempenho e entendem que esta é uma importante ferramenta para melhoria dos processos construtivos. Vale salientar que todas as empresas construtoras participantes demonstraram interesse em continuar medindo os indicadores contemplados pelo programa, a fim de manter a prática do *benchmarking*.

Finalmente, é importante destacar que, apesar de haver uma ampla gama de estudos desenvolvidos tratando da prática do *benchmarking*, da mensuração de perdas, consumo unitário de materiais e produtividade mão de obra, não foram encontrados estudos abordando estes assuntos de maneira conjunta, caracterizando este trabalho como uma iniciativa pioneira. Como contribuição acadêmica, esta dissertação apresentou o desenvolvimento de uma ferramenta estruturada para medição padronizada de desempenho.

5.2 Sugestões de temas para trabalhos futuros

Ao longo da realização deste trabalho surgiram outras questões relacionadas ao programa de indicadores de desempenho para tecnologias construtivas à base de cimento que não permite responder dentro do contexto da dissertação, além destas outras oportunidades para novas pesquisas puderam ser identificadas, as quais são sugeridas como temas para trabalhos futuros:

- desenvolvimento de um programa com indicadores que se estendam as demais tecnologias construtivas;
- análise aprofundada dos fatores que levaram as obras a alcançarem os melhores resultados, a fim de fornecer uma importante ferramenta para gestão de obras;
- implementação de um programa de indicadores com acompanhamento da coleta de dados *in loco*, a fim de proporcionar uma maior gama de informações para identificação dos pontos críticos dos processos construtivos de cada obra em particular;
- correlação dos indicadores com as decisões tomadas pelos gestores dos processos;
- influência das decisões tomadas na variação dos resultados dos indicadores;
- desenvolvimento de modelo de gestão dos indicadores pelas empresas construtoras.

REFERÊNCIAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland. **Programa de melhorias: produtividade de fôrmas, aço e concreto**, 2004. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/comunidades/belo_horizonte/center.htm>. Acesso em: 05 jul. 2011.

ABECIP - Associação Brasileira de Crédito Imobiliário e Poupança. Mais crescimento à frente. **Revista do SFI**, n. 35, 2012. Disponível em: <http://www.abecip.org.br/IMAGENS/CONTEUDO/REVISTA/35/44_NotasFatos35.pdf>. Acesso em: 27 mai. 2012.

ABELPRE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. 2010. Disponível em: <<https://www.matrizlimpa.com.br/index.php/2011/09/panorama-dos-residuos-solidos-brasil-2010/2850>>. Acesso em: 01 nov. 2011.

AGOPYAN, V. et al. Pesquisa: **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras**. Relatório final. EPUSP/FINEP/ITQC, 1998. Disponível em: <<http://perdas.pcc.usp.br>>. Acesso em: 01 jul. 2011.

AGOPYAN, V. et al. Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras. **Coletânea habitare: Inovação, Gestão da Qualidade & Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional**. Porto Alegre: ANTAC, 2003. Vol. 2, p. 224-249. ISBN 85-89478-02-5

AGYEKUM, K., AYARKWA, J., ADINYIRA, E. Consultants' Perspectives on Materials Waste Reduction in Ghana. **Engineering Management Research**, v. 1, n. 1, p. 138-150, mai. 2012. ISSN 1927-7318

AL-MAGHONY, S. S. **Managing and Minimizing Construction Waste in Gaza Strip**. Palestina, 2006. 224p. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Construction Management, The Islamic University of Gaza – Palestine.

ANDRADE, A. C. Integração de controles relativos à qualidade, prazo e custo: aplicação à alvenaria. São Paulo, 2005. 201 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ANDRADE, A.C.; SOUZA, U.E.L.; PALIARI, J.C. A avaliação do consumo de materiais subsidiando a intervenção para a melhoria contínua: metodologia e resultados relativos ao concreto usinado. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO. Recife-PE, 1999. **Anais...** Recife-PE: ANTAC, p. 380-9.

ARAÚJO, L.O.C. **Método para a previsão e controle da produtividade da mão de obra na execução de fôrmas, armação, concretagem e alvenaria.** São Paulo, 2000. 385p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ARAÚJO, L.O.C.; SOUZA, U.E.L. A produtividade da mão de obra na execução de revestimentos de argamassa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 3. Vitória, 2000. **Anais...** Vitória: ANTAC, p. 715-25.

ARAÚJO, L. O. C.; SOUZA, U. E. L. **Produtividade da mão de obra na execução de alvenaria: detecção e quantificação de fatores influenciadores.** São Paulo: EPUSP, 2001. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, *BT/PCC/169*). Disponível em: <<http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/BT269.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931:** Execução de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

BAIOTTO, A. C. et al. Execução de estruturas de concreto: estudo do desperdício. In: Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho, 1, 1999, Recife. **Anais...** Recife: GEQUACIL/UPE, 1999.

BAKENS, W., VIRIES, O., COURTNEY, P. **International review of benchmarking in construction.** Amsterdã: PSIBOUW, 2005. (Relatório de Pesquisa).

BARROS, M.M.S.B. O processo de produção das alvenarias racionalizadas. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS, São Paulo, 1998. **Anais eletrônicos...** São Paulo: PCC/EPUSP, 1998. p. 21-48. Disponível em: <<http://vv98.pcc.usp.br/Veda%C3%A7%C3%B5es%20verticais.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2011.

BASTOS, P. S. S. Notas de aula da disciplina 1288 - ESTRUTURAS DE CONCRETO I. 2006. Disponível em: <<http://www.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/FUNDAMENTOS.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2011.

BOTERO, L. F.; RAMIREZ, C. A.; ALVAREZ, M. E. Benchcolombia, sistema de referenciación para la construcción. **rev.ing.** [online]. 2007, n.25, pp. 33-45. ISSN 0121-4993. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-49932007000100004&script=sci_arttext>. Acesso em: 26 jun. 2012.

CARRARO, F. Entendimento a produtividade da mão de obra no serviço de alvenaria. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS, São Paulo, 1998. **Anais eletrônicos...** São Paulo: PCC/EPUSP, 1998. p. 293-94. Disponível em: <<http://vv98.pcc.usp.br/Veda%C3%A7%C3%B5es%20verticais.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2011.

CARRARO, F.; SOUZA, E. L. Monitoramento da produtividade da mão de obra na execução da alvenaria: um caminho para a otimização do uso dos recursos. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1. São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: PCC/EPUSP, 1998. Disponível em: <http://congr_tgpe.pcc.usp.br/anais/Pg291a298.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2011.

CONSTRUBUSINESS 2012. Brasil 2022: planejar, construir, crescer. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/agenda/10o-construbusiness-2012/>>. Acesso em: 25 dez. 2012.

CONSTRUCTING EXCELLENCE. **Site Institucional**. Disponível em: <<http://www.constructingexcellence.org.uk>>. Acesso em: 27 jun. 2012.

CONSTRUCTION INDUSTRY INSTITUTE. **Site Institucional**. Disponível em: <<https://www.construction-institute.org>>. Acesso em 19 jun. 2012.

CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO. **Sistema Nacional de Benchmarking na Indústria da Construção**. Santiago, 2002. (Relatório de Pesquisa).

COSTA, F. N. **Processo de produção de revestimento de fachada de aragamassa: problemas e oportunidade de melhoria**. 2005. 180f. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

COSTA, D. B. **Diretrizes para a realização de processo de benchmarking colaborativo visando à implementação de melhorias em empresas de construção**. 309f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

DANTAS, M. M. **Proposições de ações para melhoria da produtividade da concretagem em edifícios verticais**. 2006. 173 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DIOGO, G.M.Q. **Análise e proposta de melhorias no processo de produção dos revestimentos de argamassa de fachadas de edifícios**. 2007. 178 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DTI - DEPARTMENT OF TRADE AND INDUSTRY. Performance measurement. 2001. Disponível em: <http://www.businessballs.com/dtiresources/performance_measurement_management.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2012.

DUARTE, C. M. M. **Desenvolvimento de sistema de indicadores para *benchmarking* em empresas de construção civil**. Recife, 2011. 202f. Dissertação (Mestrado em engenharia civil) – Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco.

EKANAYAKE, L. L.; OFORI, G. **Construction material waste source evaluation**. In: Proceedings of 2nd Southern African Conference on Sustainable Development in the Built Environment: Strategies for a sustainable built environment (35, 1-6), August 23-25, Pretoria, South Africa, 2000.

FREIRE, T. M.; SOUZA, U. E. L. Alternativas para a redução do consumo de materiais e mão de obra no serviço de concretagem. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2000, Salvador. **Anais...** Salvador: ANTAC, 2000. 8p.

FIEPE - Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco. Índice de velocidade de vendas. Ano XVII, n. 1, 2012. Disponível em: <http://www.ademi-pe.com.br/mercado_imobiliario/janeiro_2012.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2012.

FORMOSO, C.T. et al. **Perdas na construção civil: conceitos, classificações e indicadores de controle**. São Paulo: Techne, Ed. Pini, 23: p.30-33, jul/ago 1996. Disponível em: <<http://www6.ufrgs.br/norie/indicadores/de%20cesare.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2011.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 175p. ISBN 85-224-3169-8

GOLDMAN, Pedrinho. **Introdução ao planejamento e controle de custos na construção civil brasileira**. 4. ed. São Paulo: Pini, 2004. 176 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Em 2011, PIB cresce 2,7% e totaliza R\$ 4,143 trilhões. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2093>. Acesso em: 27 mai. 2012.

ICBENCH - BENCHMARKS DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Site Institucional**. Disponível em: <<http://www.icbench.net>>. Acesso em: 20 jun. 2012.

INDICADORES DO CONCRETO. **Site Institucional**. Disponível em: <<http://www.projetoconcreto.org.br>>. Acesso em: 02 nov. 2011.

INDICON - Indicadores para *benchmarking* em Empresas de Construção Civil. **Site Institucional**. Disponível em: <<http://www.indicon.net>>. Acesso em: 25 nov. 2010.

JANG, H. et al. Labour productivity model for reinforced concrete construction projects. **Construction Innovation**, v. 11, n. 1, p. 92-113, 2011. ISSN 1471-4175

JARKAS, A. Factors influencing power-trowelling productivity of concrete surface floors. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 10. n. 1, p.34-51, 2012. ISSN 1726-0531

KIM, T. W. et al. Productivity Management Methodology Using Productivity Achievement Ratio. **KSCE Journal of Civil Engineering**, v. 15, n. 1, p. 23-31, 2011. ISSN 1976-3808

LORDSLEEM JR., A.C. Adequação, implantação e acompanhamento de programa de monitoramento de obra com alvenaria de vedação racionalizada com blocos de concreto: relatório final de atividades 2008. Recife: ABCP/SEBRAE, 2009. CD-ROM

LORDSLEEM JR., A.C. **Execução e Inspeção de Alvenaria Racionalizada**. 3. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000.

LORDSLEEM JR., A. C.; SOUZA, U. E. L. Produtividade da mão de obra no serviço de alvenaria de vedação. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 1999. Recife : ANTAC, 1999. p. 357-366. CD-ROM

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M.; **Fundamentos de Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007. ISBN 978-85-224-4015-3

MAWDESLEY, M. J.; AL-JIBOURI, S. Modelling construction project productivity using systems dynamics approach. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 59, n.1, p. 18-36, 2010. ISSN 1741-0401

MENDES, G. A hora da produtividade. **Construção Mercado**. São Paulo, v. 136, 2012. ISSN 1519-8898

MIRANDA, L. C.; SILVA, J. D. G. Medição de desempenho. In: Schmidt (Org.), **Controladoria: Agregando Valor para a Empresa**. Porto Alegre: Bookman, 2002.

MOSELHI, O; KHAN, Z. Analysis of labour productivity of formwork operations in building construction. **Construction Innovation: Information, Process, Management**, v. 10, n. 3, p. 286-303, 2010. ISSN 1471-4175

MUQEEM, S. et al. **Prediction Modeling of Construction Labor Production Rates using Artificial Neural Network**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (IPCBE), 2, 2011. Cingapura: IACSIT Press, 2011, v. 6, p. 32-36.

NAKAKURA, Elza Hissae. Estudo de caso: Revestimento de fachada - Edifício Royal Light, 2005. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/comunidades/vitoria/ciclo2/htms/downloads/LNK04/04/4_Estudo%20de%20caso%20Revest1.PDF>. Acesso em: 30 abr. 2011.

OLADIRAN, O. J. Causes And Minimization Techniques Of Materials Waste In Nigerian Construction Process. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION IN THE 2st CENTURY, 5, 2009, Istambul. **Collaboration and Integration in Engineering, Management and Technology**. Istambul, 2009.

PALIARI, J. C. **Metodologia para a coleta e análise de informações sobre consumos e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios**. São Paulo, 1999. 473p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PALIARI, J. C. **Método para prognóstico da produtividade da mão de obra e consumo unitário de materiais: sistemas prediais hidráulicos**. São Paulo, 2008. v.1. 281p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PALIARI, J. C.; SOUZA, U.E.L. Sistema Gesconmat: A redução das perdas de blocos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11, Florianópolis/SC, 2006. **Anais...** São Paulo: PUC-SP, 2006. P. 2546-55.

PALIARI, J. C., SOUZA, U. E. L.; ANDRADE, A. C. Estudo sobre o consumo de argamassa de revestimentos interno e externo nos canteiros de obras. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO, 2, Fortaleza/CE, 2001. **Anais...** Fortaleza: ANTAC/UFC/Unifor/CEFET, 2001.

PALIARI, José C. et al. Avaliação das perdas de concreto usinado nos canteiros de obras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2002. CD-ROM.

PINHO, S. A. C. **Avaliação da racionalização da tecnologia construtiva das vedações em alvenaria através de indicadores de desempenho**, 2010, 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Recife.

PINHO, S. A. C. **Avaliação da utilização do projeto de alvenaria através de indicadores de perdas/consumo**, 2011. Trabalho apresentado como requisito parcial para aprovação na Disciplina Gestão Coordenação de Projetos, Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Recife, 2011.

RESENDE, M. F. et al. Alternativas para redução de desperdícios de materiais na execução da estrutura de concreto armado. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1. São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: PCC/EPUSP, 1998. Disponível em: <http://congr_tgpe.pcc.usp.br/anais/Pg339a346.pdf>. Acesso em: 03 nov. 2011.

SABBATINI, F. H. **Vedações verticais**: conceitos básicos. Notas de aula TG004, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em: <<http://tgp-mba.pcc.usp.br/TG-004/TG004-AULA%202B.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2011.

SHEHATA, M. E.; EL-GOHARY, K. M. Towards improving construction labor productivity and projects' performance. **Alexandria Engineering Journal**, v. 50, n. 4, p. 321-330, dez. 2011.

SILVA, C. O.; NAKAKURA, E. H. A utilização de argamassa de revestimento em obra de pequeno porte: estudo de caso de argamassa preparada em obra x argamassa industrializada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 4., 2001, Brasília. **Anais...** Brasília, 2001, p. 549-563.

SIQUEIRA, M. S. **Análise da Geração de Resíduos na Execução do Assentamento de Alvenarias em Obras de Construção de Edifícios**, 2006, 29 f. Relatório final de iniciação científica – Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Recife.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e seu controle**. Porto Alegre, 1993. 127p. Dissertação (Mestrado em engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SOUZA, P. C. M. **Gestão de resíduos da construção civil em canteiros de obras de edifícios multipiso na cidade do Recife/PE**. João Pessoa, 2007. 147p. Dissertação (Mestrado em engenharia urbana) - Universidade Federal da Paraíba.

SOUZA, U. E. L. Produtividade e custos dos sistemas de vedação vertical. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS, São Paulo, 1998. **Anais eletrônicos...** São Paulo: PCC/EPUSP, 1998. p. 237-48. Disponível em: <<http://vv98.pcc.usp.br/Veda%C3%A7%C3%B5es%20verticais.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2011.

SOUZA, U. E. L. Como medir a produtividade da mão de obra na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., Salvador/BA, 2000. **Anais...** Salvador: UFBA, 2000. CR-ROM

SOUZA, U. E. L. **Produtividade da mão de obra no serviço de fôrmas para estruturas de concreto armado.** São Paulo, 2001. 280p. Tese (Livre docência). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

SOUZA, U. E. L. et al. Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 33-46, out./dez. 2004. ISSN 1415-8876

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros** - Manual de Gestão do Consumo de Materiais de Construção Civil. São Paulo: Pini, 2005.

SOUZA, U. E. L. **Como aumentar a eficiência da mão de obra** - Manual de gestão da produtividade na construção civil. São Paulo: Pini, 2006.

SOUZA, U. E. L. Programa de produtividade: análise da produtividade de concretagens. Recife: Comunidade da Construção/ABCP, 2010. (CD-ROM)

SOUZA, U. E. L.; AGOPYAN, V. **Estudo da produtividade da mão de obra no serviço de fôrmas para estruturas de concreto armado.** São Paulo: EPUSP, 1996. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, *BT/PCC/165*). Disponível em: <http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/BTs_Petrece/BT165-%20Souza.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2011.

SOUZA, U. E. L.; DEANA, D. F. Levantamento do estado da arte: Consumo de Materiais. In: Projeto Finep 2386/04: **Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável.** p. 43. São Paulo. 2007. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/img/meioambiente/19.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2012.

SPOSTO, R. M.; CAMPOLINA, A. M.; OTERO, J. A. Análise de perdas x capacidade das empresas de implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade (SGQ): programa piloto realizado em 10 empresas construtoras do DF. In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO

DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2001. p. 278-290.

TCPO. **Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos**. 13. ed. São Paulo: Pini, 2008. ISBN 978-85-7266-201-7

THOMAS, H.R.; YAKOUMIS, I. Factor model of construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, ASCE, v.113, n.4, p.623-39, 1987. ISSN 0733-9364

WAHAB, A. B.; LAWAL, A. F. An evaluation of waste control measures in construction industry in Nigeria. **African Journal of Environmental Science and Technology**. v. 5, n. 3, p. 246-254, mar. 2011. ISSN 1996-0786

APÊNDICE A
Manual de indicadores



MANUAL DE INDICADORES

1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

2. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

CADERNOS DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

3. PERDAS DE CONCRETO USINADO (Estrutura de Concreto Armado: Pilar, Viga e Laje).
4. PRODUTIVIDADE DE CONCRETAGEM (Estrutura de Concreto Armado: Pilar, Viga e Laje)

CADERNOS DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO

5. PERDAS DE BLOCO/TIJOLO (Alvenaria de Vedação e Alvenaria Estrutural)
6. PERDAS DE ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA (Alvenaria de Vedação e Alvenaria Estrutural)
7. PRODUTIVIDADE DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO COM BLOCO DE CONCRETO

CADERNOS DE REVESTIMENTO EXTERNO

8. PERDAS DE ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA (Revestimento de Argamassa Externo)
9. PRODUTIVIDADE DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA EXTERNO

ESTRUTURA DOS CADERNOS DE PERDAS

- I. CAPA
- II. PROCEDIMENTOS DE COLETA
- III. CARACTERIZAÇÃO DO INSUMO
- IV. PLANILHAS PARA COLETA E COMPILAÇÃO DOS DADOS

ESTRUTURA DOS CADERNOS DE PRODUTIVIDADE

- I. CAPA
- II. PROCEDIMENTOS DE COLETA
- III. CARACTERIZAÇÃO DO SERVIÇO
- IV. PLANILHAS PARA COLETA E COMPILAÇÃO DOS DADOS



Caracterização da Empresa

1. DADOS GERAIS:

Nome da empresa:

CNPJ:

Responsável:

Cargo:

E-mail:

Endereço:

Cidade:

Estado:

CEP:

Telefone:

Fax:

2. DADOS TÉCNICOS:

Metragem quadrada construída nos últimos 5 anos: m²

3. ATIVIDADES DA EMPRESA REALIZADAS NOS ÚLTIMOS 2 ANOS:

- Incorporação e construção de edificações residenciais
- Obras residenciais para clientes privados
- Obras industriais para clientes privados
- Obras comerciais para clientes privados
- Obras públicas (Edificações)
- Obras públicas (Infra-estrutura)
- Obras públicas (Habitação de interesse social)
- Outros tipos de Obra

4. A EMPRESA JÁ PARTICIPOU DE ALGUM PROGRAMA INSTITUCIONAL DE TREINAMENTO PARA QUALIDADE?

Sim

Não

Quais? Convênio com a universidade

Empresa consultora

PGQP

Sebrae

Senai

Sinduscon

Outros

5. MARQUE OS PROJETOS DE MELHORIA JÁ DESENVOLVIDOS NA EMPRESA:

- Alfabetização
- ISO 9001
- Padronização de processos
- Práticas *lean* no canteiro de obra
- Programa 5 S
- Segurança no trabalho
- Outros



Caracterização do Empreendimento

Área das lajes

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> m ² subsolo | <input type="checkbox"/> m ² por pavimento tipo |
| <input type="checkbox"/> m ² térreo | <input type="checkbox"/> número de pavimentos tipos |
| <input type="checkbox"/> m ² pré-tipo | <input type="checkbox"/> m ² total dos pavimentos tipos |
| <input type="checkbox"/> m ² pós-tipo | <input type="checkbox"/> Área total do empreendimento |

8. TIPOLOGIAS:

Tipologia da estrutura

- Parede de concreto
- Alvenaria estrutural com bloco de concreto
- Alvenaria estrutural com bloco cerâmico
- Pré-moldada
- Pré-fabricada
- Reticulada vigada (pilar, viga e laje)
- Plana com vigas de bordo
- Plana sem vigas de bordo
- Plana nervurada com vigas de bordo
- Plana nervurada sem vigas de bordo
- Plana protendida com vigas de bordo
- Plana protendida sem vigas de bordo

Tipologia de vedação

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Bloco de concreto | <input type="checkbox"/> Dry wall |
| <input type="checkbox"/> Bloco cerâmico | <input type="checkbox"/> Bloco de gesso |
| <input type="checkbox"/> Tijolo | <input type="checkbox"/> Parede de concreto |

Tipologia de revestimentos externo

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Massa única | <input type="checkbox"/> Textura |
| <input type="checkbox"/> Emboço | <input type="checkbox"/> Pintura |
| <input type="checkbox"/> Reboco | <input type="checkbox"/> Cerâmica / pastilha |
| | <input type="checkbox"/> Outros Descrição _____ |

Tipologia de revestimentos interno

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Massa única | <input type="checkbox"/> Gesso |
| <input type="checkbox"/> Emboço | <input type="checkbox"/> Textura |
| <input type="checkbox"/> Reboco | <input type="checkbox"/> Pintura |
| <input type="checkbox"/> Cerâmica / pastilha | <input type="checkbox"/> Outros Descrição _____ |



Manual de Indicadores de Produtividade e Perdas de Processos à base de Cimento

PERDAS DE CONCRETO USINADO
Serviço: Estrutura de Concreto Armado (Pilar, Viga e Laje)



PERDAS DE CONCRETO USINADO

Serviço: Concretagem de Pilar, Viga e Laje

1. OBJETIVO

Monitorar as perdas de concreto usinado durante a realização do serviço de concretagem de elementos estruturais (pilar, viga e laje).

2. ORIENTAÇÕES GERAIS

Os instrumentos de coleta de dados aqui apresentados podem ser utilizados durante toda a obra, ou em períodos/etapas mais representativas, a depender dos objetivos que pretendem alcançar. Deverão ser coletados apenas os dados para PAVIMENTO TIPO.

Os dados deverão ser coletados e totalizados para o período de coleta.

A periodicidade da coleta é **diária** para o volume de concreto consumido (consumo real) e para a quantidade de serviço produzido (consumo teórico).

A coleta de dados pode ser feita por estagiários ou por profissional treinado.

O cálculo dos resultados pode ser executado por estagiários ou pelo responsável técnico da obra.

3. INSTRUÇÕES DE COLETA

3.1 - Controle do recebimento de concreto usinado:

Com o auxílio da **Planilha 1 (Consumo real)**, será registrado o número de caminhões de concreto usinado que chegam à obra diariamente, o volume de concreto de cada um e os elementos estruturais concretados.

3.2 - Quantidade de serviço executado:

Com o auxílio da **Planilha 2 (Consumo teórico)**, serão registrados os pilares que foram concretados durante o período de coleta.

Com o auxílio da **Planilha 3 (Consumo teórico)**, serão registrados os complementos de pilares que foram concretados durante o período de coleta.

Com o auxílio da **Planilha 4 (Consumo teórico)**, serão registradas as vigas que foram concretadas durante o período de coleta, bem como, suas dimensões descontando as sobreposições de complementos de pilares.

Com o auxílio da **Planilha 5 (Consumo teórico)**, serão registradas as lajes que foram concretadas durante o período de coleta, bem como, suas dimensões originais e volumes teóricos, descontando as sobreposições de complementos de pilares.

4. FÓRMULAS DE CÁLCULO

4.1 - Quantidade de concreto usinado:

A quantidade total de concreto usinado utilizada diariamente e contabilizada pela **planilha 1 (Consumo real)**, será igual ao somatório do volume de concreto descarregado na obra ao longo do dia. Conforme fórmula 1.

$$\text{CONCRETO (m}^3\text{)} = \Sigma(V_{CC1} + V_{CC2} + V_{CC3} + \dots + V_{CCn})$$

Fórmula 1 - Volume de concreto usinado utilizado ao longo do dia (m³)

Onde:

CONCRETO = Volume total de concreto utilizado (m³)

V_{CC2} = Volume de Concreto do Caminhão N° 2 (m³)

V_{CC1} = Volume de Concreto do Caminhão N° 1 (m³)

V_{CC3} = Volume de Concreto do Caminhão N° 3 (m³)

V_{CCn} = Volume de Concreto do Caminhão N° n (m³)

4.2 - Quantidade de serviço:

PILARES

A execução da concretagem dos pilares terá sua quantidade de serviço igual a fórmula:

$$QSt_{CP} \text{ (m}^3\text{)} = \Sigma QS_{CP}$$

Fórmula 2 - Quantidade de serviço de concretagem executado nos pilares (m³)

Onde:

QS_{CP} = Quantidade de serviço de concretagem do pilar (m³)

O cálculo da Quantidade de Serviço da Concretagem de Pilar é equivalente ao volume do pilar, descontando o complemento do pilar.

$$QS_{CP} = A_{seçãopilar} \times h_{pilar}$$

Fórmula 3 - Quantidade de Serviço da Concretagem de Pilar

Onde:

$A_{seçãopilar}$ = Área da seção transversal do pilar (m²)

h_{pilar} = Altura do pilar (m), conforme figura 1.

* $h_{pilar} = H_{pé-esquerdo} - D_h$; onde: D_h = altura da viga de maior altura que chega ao pilar.



PERDAS DE CONCRETO USINADO

Serviço: Concretagem de Pilar, Viga e Laje

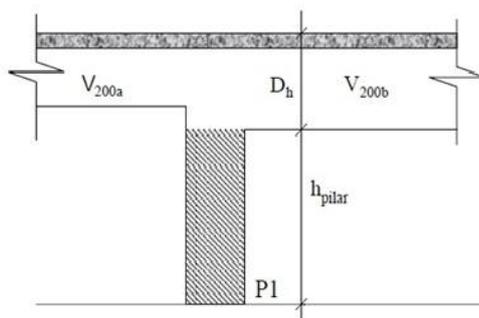


FIGURA 1

COMPLEMENTO DOS PILARES

A execução da concretagem dos complementos de pilares terá sua quantidade de serviço igual a fórmula:

$$QSt_{CCP} (m^3) = \sum QS_{CCP}$$

Fórmula 4 - Quantidade de serviço de concretagem executado nos complementos de pilares (m³)

Onde:

QS_{CCP} = Quantidade de serviço de concretagem do complementos dos pilares (m³)

O cálculo da Quantidade de Serviço da Concretagem de Complemento de Pilar é equivalente ao volume do complemento do

$$QS_{CCP} = A_{seçãoopilar} \times D_h$$

Fórmula 5 - Quantidade de Serviço da Concretagem de Complemento de Pilar

Onde:

$A_{seçãoopilar}$ = Área da seção transversal do pilar (m²)

D_h = Altura da viga de maior altura que chega ao pilar (m), conforme figura 2.

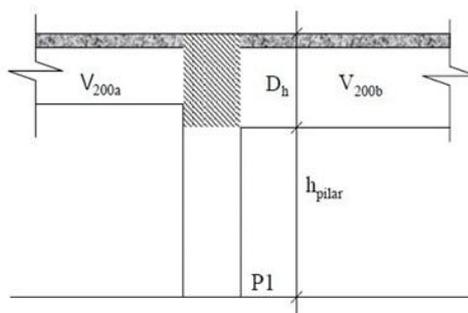


FIGURA 2

VIGAS

A execução da concretagem das vigas terá sua quantidade de serviço igual a fórmula:

$$QSt_{CV} (m^3) = \sum QS_{CV}$$

Fórmula 6 - Quantidade de concretagem executado para vigas (m³)

Onde:

QS_{CV} = Quantidade de serviço de concretagem de vigas (m³)

O cálculo da Quantidade de Serviço da Concretagem de Viga é equivalente ao volume da viga.

$$QS_{CV} = C_{viga} \times A_{seçãoviga}$$

Fórmula 7 - Quantidade de Serviço da Concretagem de Viga

Onde:

C_{viga}^{**} = Comprimento da viga (m)

$A_{seçãoviga}$ = Área da seção transversal da viga (m²), conforme figura 3.

** O comprimento medido deve ser o referente ao vão interno, descontando as faces laterais de pilares ou vigas de apoio. (Para garantir os descontos necessários na sobreposição e encontro de viga e pilares).



PERDAS DE CONCRETO USINADO

Serviço: Concretagem de Pilar, Viga e Laje

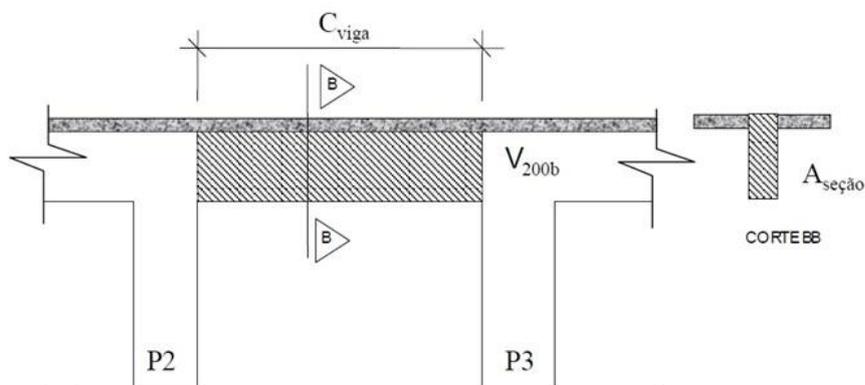


FIGURA 3

LAJES

A execução da concretagem das lajes terá sua quantidade de serviço igual a fórmula:

$$QSt_{CL} (m^3) = \Sigma QS_{CL}$$

Fórmula 8 - Quantidade de concretagem executado para lajes (m³)

Onde:

QS_{CV} = Quantidade de serviço de concretagem de vigas (m³)

QS_{CL} = Quantidade de serviço de concretagem de lajes (m³)

O cálculo da Quantidade de Serviço da Concretagem de Laje MACIÇA é equivalente ao volume da laje, descontando os encontros com pilares, conforme figura 4.

$$QS_{CL} = (C \times L - At_{EP}) \times e$$

Fórmula 9 - Quantidade de Serviço da Concretagem de Laje Maciça

Onde:

C = Comprimento da laje (m)

L = Largura da laje (m)

e = Espessura da laje (m)

At_{EP}^{***} = Área total dos encontros com pilares (m²)

*** A área total dos encontros com pilares é obtido pelo somatório das áreas de encontros entre a laje e cada pilar. Matematicamente, tem-se: $At_{EP} = (A_{EP1} + A_{EP2} + \dots + A_{EPn})$.

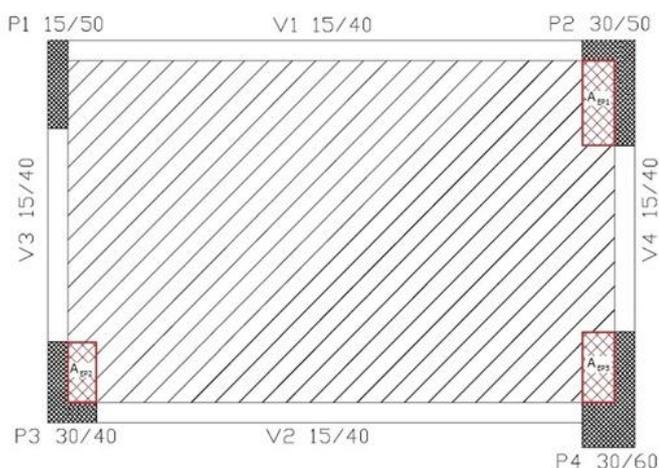


FIGURA 4

Para laje NERVURADA, o cálculo da quantidade de serviço da concretagem, ou seja, o volume de concreto deve ser fornecido no projeto estrutural.



Comunidade
da Construção
Sistemas & Base de Conhecimento

PERDAS DE CONCRETO USINADO

Serviço: Concretagem de Pilar, Viga e Laje

4.3 - Percentual de Perdas:

O percentual de perdas será calculado pela fórmula 6.

$$P (\%) = [(C_{\text{real}} - C_{\text{teórico}}) \times 100] / C_{\text{teórico}}$$

Fórmula 6 - Percentual de concreto usinado

Onde:

P: Percentual de perdas

$C_{\text{teórico}}$: Consumo teórico em m³

C_{real} : Consumo real em m³

4.3.1 - Percentual de Perdas para Pilares (Planilha 6)

A fórmula para o cálculo das perdas de concreto usinado para pilares será:

$$P_{\text{Pilares}} (\%) = [(C_{\text{realPilares}} - C_{\text{teóricoPilares}}) \times 100] / C_{\text{teóricoPilares}}$$

Fórmula 7 - Percentual de perdas de concreto usinado em pilares

Onde:

P_{Pilares} : Percentual de perdas para pilares (%)

$C_{\text{realPilares}}$: Consumo real de concreto usinado para pilares em m³

$C_{\text{teóricoPilares}}$: Consumo teórico de concreto usinado para pilares em m³

4.3.2 - Percentual de Perdas para Vigas, Lajes e Complementos dos Pilares (Planilha 7):

A fórmula para o cálculo das perdas de concreto usinado para vigas será:

$$P_{\text{VLCP}} (\%) = [(C_{\text{realVLCP}} - C_{\text{teóricoVLCP}}) \times 100] / C_{\text{teóricoVLCP}}$$

Fórmula 8 - Percentual de perdas de concreto usinado em vigas, lajes e complemento de pilares

Onde:

P_{VLCP} : Percentual de perdas para vigas, lajes e complementos dos pilares (%)

C_{realVLCP} : Consumo real de concreto usinado para vigas, lajes e complementos dos pilares em m³

$C_{\text{teóricoVLCP}}$: Consumo teórico de concreto usinado para vigas, lajes e complementos dos pilares em m³

 Caracterização do Insumo: CONCRETO USINADO Serviço: Estrutura de Concreto Armado (Pilar, Viga e Laje)		
1. RECEBIMENTO (marcar um X nos itens verificados)		
<input type="checkbox"/> Itens da Nota Fiscal	<input type="checkbox"/> Horário de saída do caminhão da concreteira	
<input type="checkbox"/> Especificações de projeto	<input type="checkbox"/> Horário de chegada do caminhão à obra	
<input type="checkbox"/> Lacre do caminhão	<input type="checkbox"/> Tempo disponível para concretagem	
<input type="checkbox"/> Abatimento do tronco de cone (<i>slump test</i>)	<input type="checkbox"/> Resistência a compressão	
2. PEDIDO DE COMPRAS (marcar um X nos itens que constam no pedido)		
<input type="checkbox"/> Resistência característica do concreto na idade estabelecida		
<input type="checkbox"/> Número da norma brasileira pertinente		
<input type="checkbox"/> Consistência expressa pelo abatimento do tronco de cone		
<input type="checkbox"/> Traço acordado com a usina		
<input type="checkbox"/> Aviso de exigência da nota fiscal no ato de recebimento		
<input type="checkbox"/> Aviso de que o concreto será avaliado conforme as normas brasileiras		
3. NOTA FISCAL (marcar um X nos itens que constam na nota)		
<input type="checkbox"/> Resistência característica do concreto à compressão aos 28 dias, ou outra idade crítica		
<input type="checkbox"/> Módulo de elasticidade		
<input type="checkbox"/> Consistência expressa pelo abatimento do tronco de cone		
<input type="checkbox"/> Dimensão máxima característica do agregado graúdo		
<input type="checkbox"/> Teor de argamassa no concreto		
<input type="checkbox"/> Tipo e consumo mínimo de cimento		
<input type="checkbox"/> Fator água/cimento máximo		
<input type="checkbox"/> Presença de aditivos		
<input type="checkbox"/> Traço fornecido		
<input type="checkbox"/> Hora da saída do caminhão betoneira		
<input type="checkbox"/> Número do lacre da betoneira		
<input type="checkbox"/> Quantidade máxima de água permitida a ser adicionada ao concreto, caso o <i>slump</i> não esteja adequado.		
4. TRANSPORTE		
<input type="checkbox"/> Elevador com jericá	<input type="checkbox"/> N° de elevadores	<input type="checkbox"/> N° de jericas
<input type="checkbox"/> Gruas	<input type="checkbox"/> N° de caçambas	<input type="checkbox"/> Tamanho da caçamba
<input type="checkbox"/> Bomba estacionária	<input type="checkbox"/> Com grua segurando mangote	
	<input type="checkbox"/> Com cavalete segurando mangote	
	<input type="checkbox"/> Com ajuda de jericá. Quantas? <input type="text"/>	
<input type="checkbox"/> Bomba lança		
<input type="checkbox"/> Outro		

 <p>Comunidade da Construção</p>	Caracterização do Insumo: CONCRETO USINADO Serviço: Estrutura de Concreto Armado (Pilar, Viga e Laje)	
5. MÃO DE OBRA:		
Existe treinamento específico da mão de obra para os serviços de concretagem?		
<input type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>
	Não	
Equipe de produção:		
<input type="checkbox"/>	MO própria	<input type="checkbox"/>
		MO terceirizada
<input type="checkbox"/>	Serventes. Quantos?	_____
<input type="checkbox"/>	Pedreiros. Quantos?	_____
	Total	_____



Empresa:
Obra:
Local de coleta:
Período de coleta:
Responsável:

PLANILHA 6 - INDICADORES DE CONSUMO E PERDAS DE CONCRETO USINADO (%)

Serviço: Estrutura de Concreto Armado - Perdas Pilar

Material Data	Consumo Real (m ³)	Consumo teórico (m ³)	Indicador de Perda (%)
PERDA ACUMULADA			



Manual de Indicadores de Produtividade e Perdas de Processos à base de Cimento

PRODUTIVIDADE DE CONCRETAGEM
Serviço: Estrutura de Concreto Armado (Pilar, Viga e Laje)



Produtividade de Estrutura de Concreto Armado CONCRETAGEM

1. PROCESSO EXECUTIVO

Como passos genéricos da execução de uma concretagem pode-se citar:

1. Desobstrução e regularização das áreas de acesso, desde a descarga do concreto até o local onde será lançado;
2. Verificação do posicionamento, quantidade e altura das mestras (no caso das lajes);
3. Verificação do funcionamento dos equipamentos e abastecimento de água e energia
4. Posicionamento dos gabaritos para rebaixo das lajes;
5. Transporte do concreto através de: elevador de obras, grua, bomba estacionária ou caminhão lança (bombeamento);
6. Lançamento do concreto: lançar o concreto sobre as formas, tomando o cuidado de não formar grandes acúmulos de material em pontos isolados;
7. "Pré-regularização" do concreto com auxílio de pás e enxadas;
8. Adensamento do concreto com auxílio de vibradores de imersão.
9. Sarrafeamento do concreto (quando em lajes);
10. Desempenamento da superfície em moldagem (quando em lajes);
11. Aspersão de água para cura do concreto (quando as superfícies ficam desenformadas).

2. APRESENTAÇÃO DO SERVIÇO DE CONCRETAGEM (ADOTADO PARA PRODUTIVIDADE)

O serviço de concretagem é normalmente dividido em duas partes: a concretagem de pilares e a concretagem de vigas + lajes. Feita essa divisão, procurar-se-á estudar as concretagens de acordo com os sistemas de transporte utilizados.

A figura 1 ilustra como está estruturada a divisão, adotada para o levantamento da produtividade da mão-de-obra em campo, para serviço de concretagem.

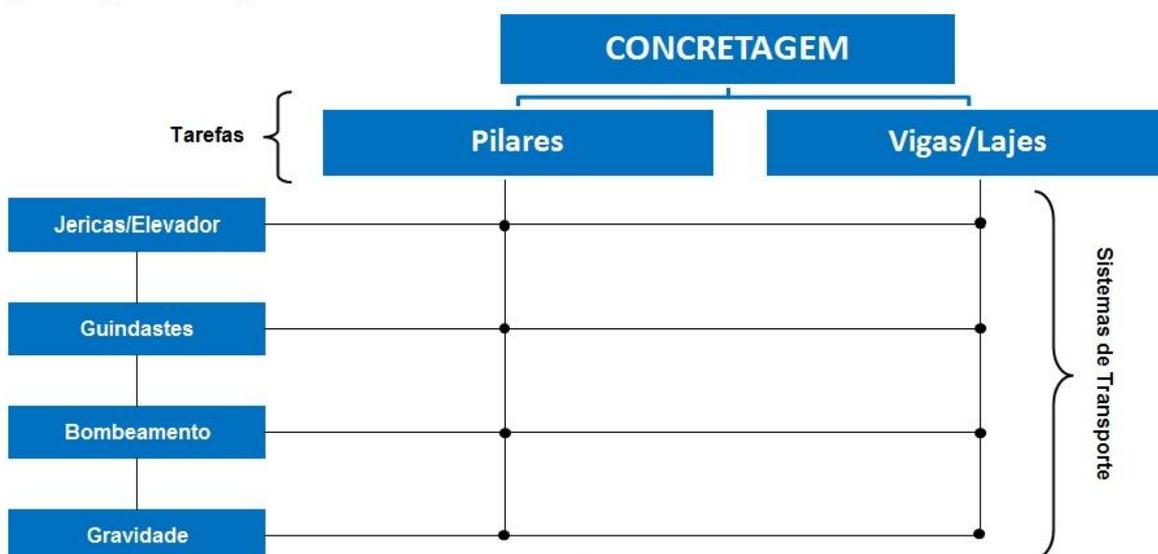


FIGURA 1

A equipe direta de concretagem é constituída de operários responsáveis pela produção propriamente dita, isto é, pelo transporte do concreto, do caminhão betoneira ao ponto de lançamento, lançamento, espalhamento, adensamento, sarrafeamento e acabamento.

2. TEMPOS DE CONCRETAGEM

A concretagem é um serviço que tem como "período de estudo" um único dia. No entanto, deve-se atentar aos chamados "tempos de concretagem" através dos quais diferentes tipos de RUP podem ser expressas.

Em função dos tempos considerados na composição dos homens-hora, apresentar-se-á, na tabela 1, as RUPs consideradas.



Produtividade de Estrutura de Concreto Armado CONCRETAGEM

Nomenclatura das RUPs	Tempos considerados (horas)	Equipe considerada (Homens)	Equação
RUP Caminhão	Caminhão* (c)	Direta (di)	$(H_{di} \times h_c) /$ (Volume caminhão)
RUP Descarga	Descarga** (d)	Direta (di)	$(H_{di} \times h_d) /$ (Volume total)
RUP Global sem encarregado	Início*** (i) Descarga (d) Finalização**** (f)	Direta (di)	$[H_{di} \times h_{(i+d+f)}] /$ (Volume total)

TABELA 1

* **TEMPO DE CAMINHÃO:** é o tempo que se leva para descarregar um caminhão: Término do descarga do caminhão n - Início do descarga do caminhão n;

** **TEMPO DE DESCARGA:** é o tempo compreendido entre o início da descarga do primeiro caminhão e o final da descarga do último caminhão.

*** **TEMPO DE INÍCIO:** é o tempo compreendido entre o horário de início da disponibilização de pessoal e o início efetivo da concretagem (momento em que se inicia a descarga do concreto). Engloba eventuais alocações de pessoal antes da hora prevista para real início da concretagem, atraso e tempo para posicionamento do caminhão de concreto inicial;

**** **TEMPO DE FINALIZAÇÃO:** é o tempo entre a finalização da descarga do último caminhão e o horário em que se encerra o turno de trabalho quando nenhuma outra atividade se desenvolve na obra.

A figura 2 identifica os tempos considerados para cada RUP.



FIGURA 2

A RUPcaminhão pode ser considerada como a relação entre a equipe considerada e a velocidade de concretagem, conforme apresentado a seguir:

$$RUP_{cam} = \frac{Hh}{QS} = \frac{Hh}{m^3} = \frac{H}{\frac{m^3}{h}} = \frac{\text{Equipe}}{\text{Velocidade de Concretagem}}$$

NOTA: As informações contidas nesta página foram retiradas de:

ARAÚJO, L. O. C. de. **MÉTODO PARA A PREVISÃO E CONTROLE DA PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA NA EXECUÇÃO DE FORMAS, ARMAÇÃO, CONCRETAGEM E ALVENARIA.** São Paulo, 2000. 385p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.



Produtividade de Estrutura de Concreto Armado CONCRETAGEM

1. OBJETIVO

Mensurar a produtividade da mão-de-obra na execução da concretagem de estruturas de concreto armado.

2. ORIENTAÇÕES GERAIS

Os instrumentos de coleta de dados aqui apresentados podem ser utilizados durante toda a obra, ou em períodos/etapas mais representativas, a depender dos objetivos que pretendem alcançar. Deverão ser coletados apenas os dados para PAVIMENTO TIPO.

Os dados deverão ser coletados e totalizados para o período de coleta.

A periodicidade da coleta é **diária** para o levantamento da quantidade de horas trabalhadas e pavimento tipo para a quantidade de serviço produzido.

A coleta de dados pode ser feita por estagiários ou por profissional treinado.

O cálculo dos resultados pode ser executado por estagiários ou pelo responsável técnico da obra.

3. INSTRUÇÕES DE COLETA

A coleta dos homens-hora consiste em medir a quantidade direta de operários (pedreiros e serventes) que se dedicaram ao serviço de concretagem e por quanto tempo eles se dedicaram.

Por 'horas trabalhadas' deve-se considerar as horas **efetivamente** trabalhadas pelos operários. Este valor pode ser obtido nos cartões de ponto e checado através de informações do encarregado do serviço ou mestre de obras.

É importante salientar que, para o cálculo das horas trabalhadas:

- hora/prêmio NÃO é hora trabalhada (ex.: o encarregado "dá" uma hora a mais por dia durante uma semana para que a equipe finalize um determinado pavimento);
- hora de almoço NÃO é hora trabalhada;
- hora extra efetivamente trabalhada É hora trabalhada;
- horas dispendidas para execução de outros elementos estruturais NÃO é hora trabalhada (ex.: as horas utilizadas para concretagem da escada ou de outros elementos que não sejam do pavimento tipo).

4. FÓRMULAS DE CÁLCULO

4.1 - QUANTIDADE DE SERVIÇO (m³)

4.1.1 - Pilar

A execução da concretagem dos pilares terá sua quantidade de serviço igual a fórmula:

$$QSt_{CP} = \sum QS_{CP}$$

Fórmula 1 - Quantidade de serviço de concretagem executado nos pilares (m³)

Onde:

QS_{CP} = Quantidade de serviço de concretagem dos pilares (m³)

O cálculo da Quantidade de Serviço da Concretagem de Pilar é equivalente ao volume do pilar, descontando o complemento do pilar.

$$QS_{CP} = A_{seçãopilar} \times h_{pilar}$$

Fórmula 2 - Quantidade de Serviço da Concretagem de Pilar

Onde:

$A_{seçãopilar}$ = Área da seção transversal do pilar (m²)

h_{pilar}^* = Altura do pilar (m), conforme figura 3.

* $h_{pilar} = H_{pé-esquerdo} - D_h$; onde: D_h = altura da viga de maior altura que chega ao pilar.

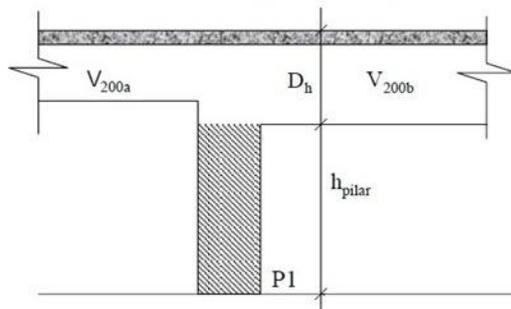


FIGURA 3



Produtividade de Estrutura de Concreto Armado CONCRETAGEM

4.1.2 - Vigas, lajes e complemento de pilares

A execução da concretagem das vigas e das lajes terá sua quantidade de serviço igual a fórmula:

$$QSt_{CCPVL} = \Sigma QS_{CV} + \Sigma QS_{CL} + \Sigma QS_{CCP}$$

Fórmula 3 - Quantidade de concretagem executado para vigas, lajes e complemento de pilares (m³)

Onde:

ΣQS_{CV} = Quantidade de serviço de concretagem de vigas (m³)

ΣQS_{CL} = Quantidade de serviço de concretagem de lajes (m³)

ΣQS_{CCP} = Quantidade de serviço de concretagem de complemento de pilares (m³)

O cálculo da Quantidade de Serviço da Concretagem de Complemento de Pilar é equivalente ao volume do complemento do pilar.

$$QS_{CCP} = A_{seçãopilar} \times D_h$$

Fórmula 4 - Quantidade de Serviço da Concretagem de Complemento de Pilar

Onde:

$A_{seçãopilar}$ = Área da seção transversal do pilar (m²)

D_h = Altura da viga de maior altura que chega ao pilar (m), conforme figura 4.

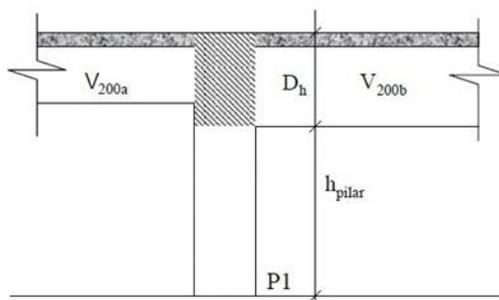


FIGURA 4

O cálculo da Quantidade de Serviço da Concretagem de Viga é equivalente ao volume da viga.

$$QS_{CV} = C_{viga} \times A_{seçãoviga}$$

Fórmula 5 - Quantidade de Serviço da Concretagem de Viga

Onde:

C_{viga} ** = Comprimento da viga (m)

$A_{seçãoviga}$ = Área da seção transversal da viga (m²), conforme figura 3.

** O comprimento medido deve ser do vão interno, descontados as faces laterais de pilares ou vigas de apoio. (Para garantir os descontos necessários na sobreposição e encontro de viga e pilares).

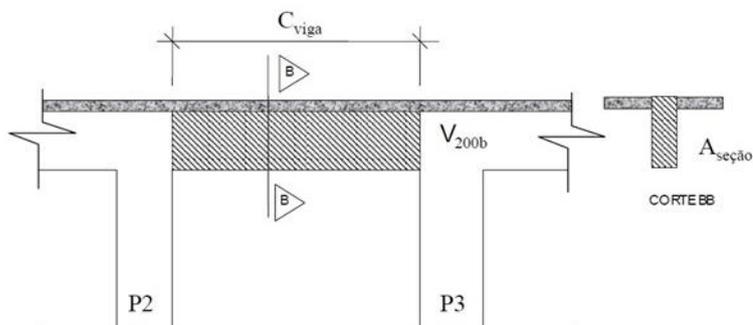


FIGURA 5

O cálculo da Quantidade de Serviço da Concretagem de Laje MACIÇA é equivalente ao volume da laje, descontando os encontros com pilares, conforme figura 6.

$$QS_{CL} = (C \times L - At_{EP}) \times e$$

Fórmula 6 - Quantidade de Serviço da Concretagem de Laje Maciça



Produtividade de Estrutura de Concreto Armado CONCRETAGEM

Onde:

C = Comprimento da laje (m)

L = Largura da laje (m)

e = Espessura da laje (m)

A_{EP}^{***} = Área total dos encontros com pilares (m²)

*** A área total dos encontros com pilares é obtido pelo somatório das áreas de encontros entre a laje e cada pilar. Matematicamente, tem-se: $A_{EP} = (A_{EP1} + A_{EP2} + \dots + A_{EPn})$.

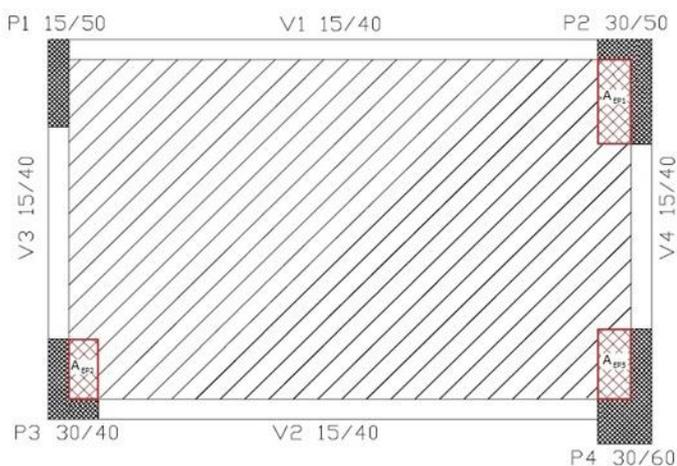


FIGURA 6

Para laje NERVURADA, o cálculo da Quantidade de Serviço da Concretagem, ou seja, o volume de concreto deve ser fornecido no projeto estrutural.

4.2 - PRODUTIVIDADE (Hh/m³)

Os cálculos das Razões Unitárias de Produção (RUP) serão feitos através das fórmulas apresentadas anteriormente, quais sejam:

$$RUP_{cam} = \text{med } H_{di} \div \text{med } V_{con}$$

Fórmula 7 - Razão Unitária de Produção de caminhão

$$RUP_{desc} = \text{med } H_{di} \times h_d \div QS$$

Fórmula 8 - Razão Unitária de Produção da descarga

$$RUP_{global} = \text{med } H_{di} \times h_{(i+d+f)} \div QS$$

Fórmula 9 - Razão Unitária de Produção global

Onde:

$\text{med } H_{di} = \text{Med } (H_{C1} + H_{C2} + H_{Cn})$ = mediana das equipes diretas por caminhão [H]

$\text{med } V_{con} = \text{Med } (V_{conC1} + V_{conC2} + V_{conCn})$ = mediana das velocidades de concretagem por caminhão [m³/h]

h_d = tempo de descarga [h]

$h_{(i+d+f)}$ = tempo total = tempo de início + tempo de descarga + tempo de finalização [h]

QS = quantidade de serviço [m³]

 <p>Comunidade da Construção Sistemas a base de cimento</p>	Empresa:						
	Obra:						
	Local de coleta:						
	Período de coleta:						
	Responsável pela coleta:						
PLANILHA 7 - RUPs DE CONCRETAGEM EM FUNÇÃO DOS TEMPOS CONSIDERADOS Serviço: ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO - PRODUTIVIDADE DA CONCRETAGEM DE PILAR (Hh/m³)							
Volume teórico de projeto (m³) =		<input style="width: 100px;" type="text"/>					
Início de disponibilização da equipe	Início da descarga do caminhão 01	Fim da descarga do último caminhão	Fim de disponibilização da equipe	Tempo de almoço	Tempo de escada	Tempo de descarga	Tempo total
horas: minutos							
Caminhão	Volume por caminhão (m³)	Equipe direta	Tempo de descarregamento (h) horas: minutos	Velocidade de concretagem (m³/h)	RUPcam (Hh/m³)	RUPdesc (Hh/m³)	RUPglobal (Hh/m³)
Início			-	-			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
Fim	-		-	-			
Mediana	-				-	-	-
Soma		-			-	-	-

 <p>Comunidade da Construção Sistemas à base de cimento</p>	Empresa:
	Obra:
	Local de coleta:
	Período de coleta:
	Responsável pela coleta:

PLANILHA 8 - RUPs DE CONCRETAGEM EM FUNÇÃO DOS TEMPOS CONSIDERADOS
Serviço: ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO - PRODUTIVIDADE DA CONCRETAGEM DE COMP. DE PILAR, VIGA E LAJE (Hh/m³)

Volume teórico de projeto (m³) =

Início de disponibilização da equipe	Início da descarga do caminhão 01	Fim da descarga do último caminhão	Fim de disponibilização da equipe	Tempo de almoço	Tempo de escada	Tempo de descarga	Tempo total
horas: minutos							

Caminhão	Volume por caminhão (m³)	Equipe direta	Tempo de descarregamento (h)	Velocidade de concretagem (m³/h)	RUPcam (Hh/m³)	RUPdesc (Hh/m³)	RUPglobal (Hh/m³)
			horas: minutos				
Início			-	-			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
Fim	-		-	-			
Mediana	-				-	-	-
Soma		-			-	-	-



Manual de Indicadores de Produtividade e Perdas de Processos à base de Cimento

PERDAS DE BLOCOS/TIJOLOS

Serviços: Assentamento de Alvenaria de Vedação e Alvenaria Estrutural



PERDAS DE BLOCOS/TIJOLOS

Serviços: Assentamento de Alvenaria de Vedação e Alvenaria Estrutural

1. OBJETIVO

Monitorar as perdas de blocos/tijolos durante o serviço de assentamento de alvenaria de vedação e alvenaria estrutural.

2. ORIENTAÇÕES GERAIS

Os instrumentos de coleta de dados aqui apresentados podem ser utilizados durante toda a obra, ou em períodos/etapas mais representativas, a depender dos objetivos que pretendem alcançar. Deverão ser coletados apenas os dados para PAVIMENTO TIPO.

Os dados deverão ser coletados e totalizados para o período de coleta.

A coleta de dados pode ser feita por estagiários ou por profissional treinado.

O cálculo dos resultados pode ser executado por estagiários ou pelo responsável técnico da obra.

3. INSTRUÇÕES DE COLETA

3.1 - Controle de estoque:

Com o auxílio da **Planilha 1 (Estoque VI)**, serão registrados as perdas de blocos/tijolos no recebimento.

- A quantidade total dos blocos/tijolos recebidos será calculada a partir dos blocos/tijolos constituintes no plano horizontal de uma pilha multiplicada pela quantidade de fiadas.
- Este número será então multiplicado pela quantidade de pilhas descarregadas no estoque.
- Deve-se verificar se os blocos/tijolos estão quebrados quando estiverem armazenados no estoque.
- Este procedimento deverá ser mantido sempre que houver novos reabastecimentos do fornecedor.
- Para não confundir com os blocos/tijolos já existentes no estoque, deverá ser formada uma nova pilha de blocos/tijolos.

IMPORTANTE:

- Marcar apenas blocos/tijolos INTEIROS.
- Efetuar a marcação com um "X" nas duas faces maiores dos blocos/tijolos com giz de cera (blocos de concreto) ou marcador permanente (blocos/tijolos cerâmicos) perfazendo um total de 500 blocos/tijolos.
- A marcação deverá ser feita no primeiro dia da semana, antes do início do expediente de trabalho.
- A duração de cada período de estudo será de uma semana.

Com o auxílio da **Planilha 2 (Blocos/tijolos por parede)**, serão registradas as quantidades de blocos/tijolos marcados assentados.

- A coleta de dados deverá ser feita no último dia da semana após o expediente de trabalho.
- Deverá ser preenchida a planilha nº 2 registrando a quantidade de blocos/tijolos com "X" na parede e até que fiada foi executada com sua quantidade de blocos/tijolos.
- A quantidade total de blocos/tijolos marcados com "X" registrada na planilha nº 2 deve ser repassada para a planilha nº 3, assim como a quantidade total de blocos/tijolos marcados com "X" restantes no estoque.

Com o auxílio da **Planilha 3 (Estoque VF)**, serão registradas as perdas de transporte interno e assentamento.

- Deverá ser calculado após obter os dados de blocos/tijolos marcados assentados e blocos/tijolos restantes no estoque.

4. FÓRMULAS DE CÁLCULO

4.1 - Percentual de blocos/tijolos quebrados no recebimento:

O percentual de perdas de blocos/tijolos quebrados será obtido pela quantidade total de blocos/tijolos quebrados dividida pela quantidade total de blocos/tijolos recebidos, em seguida o valor encontrado será multiplicado por 100.

$$\% \text{ blocos/tijolos quebrados} = (\Sigma^n \text{ quebrados} \div \Sigma^n \text{ recebidos}) \times 100$$

Fórmula 1 - percentual dos blocos/tijolos quebrados inicialmente

Onde:

Σ^n quebrados = soma de todos os blocos/tijolos quebrados no recebimento

Σ^n recebidos = soma de todos os blocos/tijolos recebidos

4.2 - Percentual de perdas:

A fórmula 2 apresenta o percentual de perdas.

$$IP (\%) = [(500 - N1 - N2) \div (500 - N1)] \times 100$$

Fórmula 2 - percentual de perdas dos blocos/tijolos no transporte e assentamento

Onde: N1 = blocos/tijolos marcados restantes no estoque N2 = blocos/tijolos marcados assentados

4.3 - Início de um novo ciclo

Caso restem blocos/tijolos no estoque, a próxima marcação de blocos/tijolos deverá levar em conta este número para que o total de blocos/tijolos marcados no estoque permaneça em 500.

A fórmula 3 apresenta a quantidade de blocos/tijolos que deverão ser marcados com "X" ao iniciar um novo período de estudo.

$$\text{Qtd de blocos/tijolos a serem remarcados} = 500 - N1$$

Fórmula 3 - quantidade de blocos/tijolos a serem marcados

Onde: N1 = blocos/tijolos marcados restantes no estoque



Manual de Indicadores de Produtividade e Perdas de Processos à base de Cimento

PERDAS DE ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA
Serviços: Assentamento de Alvenaria de Vedação e Alvenaria Estrutural



PERDAS DA ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

Serviços: Assentamento de Alvenaria de Vedação e Alvenaria Estrutural

1. OBJETIVO

Monitorar as perdas de argamassa industrializada durante a realização dos serviços de assentamento de alvenaria de vedação e alvenaria estrutural.

2. ORIENTAÇÕES GERAIS

Os instrumentos de coleta de dados aqui apresentados podem ser utilizados durante toda a obra, ou em períodos/etapas mais representativas, a depender dos objetivos que pretendem alcançar. Deverão ser coletados apenas os dados para PAVIMENTO TIPO.

Os dados deverão ser coletados e totalizados para o período de coleta.

A coleta de dados pode ser feita por estagiários ou por profissional treinado.

O cálculo dos resultados pode ser executado por estagiários ou pelo responsável técnico da obra.

3. INSTRUÇÕES DE COLETA

3.1 - Controle de estoque:

Com o auxílio da **Planilha 1 (Consumo real)**, serão registrados:

* o estoque em sacos no primeiro dia da semana (Verificação Inicial);

* a entrada em sacos recebida do fornecedor entre a data de Verificação Inicial (VI) e Final (VF);

* quantos sacos restaram no último dia da semana (VF).

3.2 - Quantidade de serviço:

Com o auxílio da **Planilha 2 (Quantidade de serviço)**, registrar:

* a quantidade de serviço no primeiro horário da semana, antes do início do serviço (VI);

* a quantidade de serviço no último horário da semana, após o término do serviço de alvenaria (VF).

4. FÓRMULAS DE CÁLCULO

4.1 - Quantidade de argamassa industrializada utilizada (Consumo Real):

Soma-se a quantidade total de sacos de argamassa industrializada presentes no estoque inicial (VI) aos sacos recebidos entre as datas de verificação inicial e final (FORN). Deste valor, subtrai-se a quantidade de sacos presentes no estoque final (VF). O total obtido será multiplicado pelo peso do saco (P), conforme fórmula 1.

$$\text{ARG (kg)} = \{[(\text{EST (VI)}) + \text{FORN} - (\text{EST (VF)})] \times P\}$$

Fórmula 1 - Quantidade em quilos de argamassa utilizada entre VI e VF

Onde:

ARG (kg) = Quantidade total de argamassa em kg

FORN = Quantidade de sacos recebidos entre VI e VF

EST (VI) = Quantidade de sacos no estoque inicial

EST (VF) = Quantidade de sacos no estoque final

P = Peso do saco [kg]

4.2 - Quantidade de serviço:

O serviço de marcação terá sua quantidade igual ao produto entre o comprimento e a altura da marcação executada.

$$\text{QS}_m (\text{m}^2) = \text{Comp. marcação} \times H_m$$

Fórmula 2 - Quantidade de Serviço de Marcação (QS_m)

Onde:

QS_m = Quantidade de serviço de marcação [m²]

H_m = Altura da marcação* [m]

Comp. marcação = Comprimento da marcação [m]

Obs.: Altura da marcação (H_m) = altura do bloco + espessura da camada de assentamento.

O serviço de fixação terá sua quantidade igual ao produto entre o comprimento e a altura da fixação executada.

$$\text{QS}_f (\text{m}^2) = \text{Comp. fixação} \times H_f$$

Fórmula 3 - Quantidade de Serviço de Fixação (QS_f)

Onde:

QS_f = Quantidade de serviço de fixação [m²]

H_f = Altura da fixação [m]

Comp. fixação = Comprimento da fixação [m]



PERDAS DA ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

Serviços: Assentamento de Alvenaria de Vedação e Alvenaria Estrutural

O serviço de elevação se dará através da fórmula:

$$QS_e (m^2) = \{[(\Sigma Fc \times Comp. Fc) + (\Sigma Comp. Fi)] \times H_{bloco}\} - A_a$$

Fórmula 4 - Quantidade de Serviço de Elevação (QS_e)

Onde:

QS_e = Quantidade de serviço de elevação [m²]

ΣFc = Quantidade de fiadas completas

Comp. Fc = Comprimento de fiadas completas [m]

ΣComp. Fi = Somatório dos comprimentos das fiadas incompletas

H_{bloco} = Altura dos blocos/tijolos + espessura da junta [m]

A_a = Área da abertura** [m²]

IMPORTANTE:

**É válido lembrar que, as áreas de alvenaria são calculadas descontando-se todos os vãos.

A cinta de amarração terá a quantidade de serviço igual ao comprimento do que foi executado e concluído.

$$QS_{ca} (m) = \text{comprimento de serviço executado da cinta de amarração}$$

Fórmula 5 - Quantidade de Serviço da Cinta de Amarração (QS_{ca})

4.3 - Consumo de referência (kg/m²):

Valor fornecido pelo fabricante da argamassa.

$$C_{ref} (kg/m^2) \text{ para 1 cm de espessura}$$

Consumo de referência da argamassa industrializada

4.4 - Consumo unitário de material real (kg/m²):

O consumo real é obtido através da divisão da quantidade de argamassa em kg pela a quantidade de serviço executada em m².

$$CUM_r (kg/m^2) = ARG (kg) \div QS (m^2)$$

Fórmula 6 - Consumo unitário real de argamassa industrializada

Onde:

CUM_r = Consumo unitário de material real [kg/m²]

QS = Quantidade de serviço [m²]

ARG = Quantidade total de argamassa [kg]

4.5 - Consumo teórico (kg):

O consumo real é obtido pelo produto entre o consumo de referência da argamassa (kg/m²) e a quantidade de serviço executada (m²).

$$C_{teorico} (kg) = C_{ref} \times QS (m^2)$$

Fórmula 7 - Consumo teórico da argamassa industrializada

Onde:

C_{teorico} = Consumo teórico [kg]

QS = Quantidade de serviço [m²]

C_{ref} = Consumo de referência do fabricante [kg/m²]

4.6 - Percentual de Perdas:

A fórmula 8 apresenta o percentual de perdas, e está disponível na **Planilha 3 (Indicadores de Consumo e Perdas)**.

$$P_{AI} (\%) = [(C_{real} - C_{teorico}) \times 100] \div C_{teorico}$$

Fórmula 8 - Percentual de perdas da argamassa industrializada

Onde:

P_{AI} = Percentual de perdas argamassa industrializada

C_{teorico} = Consumo teórico [Kg]

C_{real} = Consumo real [Kg]



Caracterização do Insumo: ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

1. RECEBIMENTO (marcar um X nos itens verificados)

- Prazo de validade
- Estado de conservação dos sacos
- Planejamento da data de entrega

Quantidade: (Preencher com número de sacos recebidos)

- Saco de 20kg Saco de 40kg
- Saco de 25kg Saco de 50kg

2. PEDIDO DE COMPRAS (marcar um X nos itens que constam no pedido)

- Tipo de argamassa (uso) Nome do fabricante
- Número da Norma Brasileira pertinente Entrega do laudo

3. ARMAZENAMENTO

Descarga:

- Térreo Pavimento de aplicação

Local:

- Almoarifado Outro. Qual?
- Fechado Aberto

Empilhamento:

- Máximo 15 sacos Superior a 15 sacos
- Sobre estrado/*pallets* Apoiado diretamente no chão

4. TRANSPORTE

- Jerica Guincho de coluna
- Carrinhos de mão Bombeado

5. PRODUÇÃO

- Produção: Betoneira Argamassadeira Manual
- Local: No pavimento Outro pavimento Térreo

6. TIPO DE APLICAÇÃO

- Tipo: Colher de pedreiro Palheta Bisnaga Meia cana

7. MÃO DE OBRA

Existe treinamento específico da mão de obra para os serviços de alvenaria?

- Sim Não



Caracterização do Insumo: ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

Equipe de produção marcação:

<input type="checkbox"/> MO própria	<input type="checkbox"/> MO terceirizada
<input type="checkbox"/> Serventes. Quantos? _____	
<input type="checkbox"/> Pedreiros. Quantos? _____	
Total _____	

Equipe de produção elevação:

<input type="checkbox"/> MO própria	<input type="checkbox"/> MO terceirizada
<input type="checkbox"/> Serventes. Quantos? _____	
<input type="checkbox"/> Pedreiros. Quantos? _____	
Total _____	

Equipe de produção fixação :

<input type="checkbox"/> MO própria	<input type="checkbox"/> MO terceirizada
<input type="checkbox"/> Serventes. Quantos? _____	
<input type="checkbox"/> Pedreiros. Quantos? _____	
Total _____	

Equipe de produção cinta de amarração:

<input type="checkbox"/> MO própria	<input type="checkbox"/> MO terceirizada
<input type="checkbox"/> Serventes. Quantos? _____	
<input type="checkbox"/> Pedreiros. Quantos? _____	
Total _____	



Manual de Indicadores de Produtividade e Perdas de Processos à base de Cimento

PRODUTIVIDADE DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO
Serviço: Alvenaria de Vedação com Bloco de Concreto



Produtividade de Alvenaria de Vedação com Blocos/Tijolos

1. OBJETIVO

Mensurar a produtividade da mão-de-obra de alvenaria de vedação com blocos/tijolos.

2. ORIENTAÇÕES GERAIS

Os instrumentos de coleta de dados aqui apresentados podem ser utilizados durante toda a obra, ou em períodos/etapas mais representativas, a depender dos objetivos que pretendem alcançar. Deverão ser coletados apenas os dados para PAVIMENTO TIPO.

Os dados deverão ser coletados e totalizados para o período de coleta.

A periodicidade da coleta é **diária** para o levantamento da quantidade de horas trabalhadas e **semanal** para a quantidade de serviço produzido.

A coleta de dados pode ser feita por estagiários ou por profissional treinado.

O cálculo dos resultados pode ser executado por estagiários ou pelo responsável técnico da obra.

3. INSTRUÇÕES DE COLETA

A coleta dos homens-hora consiste em medir a quantidade direta de operários (pedreiros e serventes) que se dedicaram ao serviço de alvenaria e, por quanto tempo eles se dedicaram em cada tarefa (marcação, elevação e fixação).

Por 'horas trabalhadas' deve-se considerar as horas **efetivamente** trabalhadas pelos operários. Este valor pode ser obtido nos cartões de ponto e checado através de informações do encarregado do serviço ou mestre de obras.

É importante salientar que, para o cálculo das horas trabalhadas:

- hora/prêmio NÃO é hora trabalhada (ex.: o encarregado "dá" uma hora a mais por dia durante uma semana para que a equipe finalize um determinado pavimento);
- hora de almoço NÃO é hora trabalhada;
- hora extra efetivamente trabalhada É hora trabalhada.

4. FÓRMULAS DE CÁLCULO

Os serviços de marcação e fixação terão sua quantidade igual ao comprimento do que foi executado.

$$QS_m (m) = \text{comprimento de serviço executado de marcação}$$

Fórmula 1 - Quantidade de Serviço de Marcação (QS_m) [m]

$$QS_f (m) = \text{comprimento de serviço executado de fixação}$$

Fórmula 2 - Quantidade de Serviço de Fixação (QS_f) [m]

O serviço de elevação se dará através da fórmula:

$$QS_e (m^2) = \{[(\Sigma Fc \times \text{Comp. Fc}) + (\Sigma \text{Comp. Fi})] \times H_{\text{bloco}}\} - A_a$$

Fórmula 4 - Quantidade de Serviço de Elevação (QS_e)

Onde:

QS_e = Quantidade de serviço de elevação [m²]

ΣFc = Quantidade de fiadas completas

Comp. Fc = Comprimento de fiadas completas [m]

$\Sigma \text{Comp. Fi}$ = Somatório dos comprimentos das fiadas incompletas

H_{bloco} = Altura dos blocos/tijolos + espessura da junta [m]

A_a = Área da abertura* [m²]

IMPORTANTE

* É válido lembrar que, as áreas de alvenaria são calculadas descontando-se todos os vãos.

O cálculo da Razão Unitária de Produção (RUP) Semanal de Pedreiro (separadamente para cada um dos serviços de alvenaria) será feito através da fórmula:

$$RUP_{\text{ped}} = Hh(s) \div QS$$

Fórmula 4 - Razão Unitária de Produção Semanal (Pedreiro)

Onde:

RUPs = Razão Unitária de Produção Semanal (Pedreiro) [Hh/m] ou [Hh/m²]

Hh(s) = Total de Homem-hora semanal (Pedreiro) [Hh]

QS = Quantidade de serviço semanal [m] ou [m²]



Produtividade de Alvenaria de Vedação com Blocos/Tijolos

O cálculo da Razão Unitária de Produção (RUP) Semanal de Servente (para cada um dos serviços de alvenaria) será feito através da fórmula:

$$RUP_{s_{ser}} = Hh(s) \div QS$$

Fórmula 5 - Razão Unitária de Produção Semanal (Servente)

Onde:

RUP_s = Razão Unitária de Produção Semanal (Servente) [Hh/m] ou [Hh/m²]

Hh(s) = Total de Homem-hora semanal (Servente) [Hh]

QS = Quantidade de serviço semanal [m] ou [m²]

O cálculo da RUP Cumulativa deve levar em conta o somatório das quantidades de homem-hora e o somatório da quantidade de serviço realizado durante o período de coleta. Neste caso, para o período de execução de um **pavimento**.

Para o cálculo da RUP Cumulativa de Pedreiro (para cada um dos serviços de alvenaria) utilizaremos a seguinte fórmula:

$$RUP_{c_{ped}} = \Sigma Hh \div \Sigma QS$$

Fórmula 6 - Razão Unitária de Produção Cumulativa (Pedreiro)

Onde:

RUP_{c_{ped}} = Razão Unitária de Produção Cumulativa [Hh/m] ou [Hh/m²]

ΣHh = Somatório de Homem-hora (Pedreiro) durante o período de coleta [Hh]

ΣQS = Somatório de Quantidade de Serviço durante o período de coleta [m] ou [m²]

Para o cálculo da RUP Cumulativa de Servente (para cada um dos serviços de alvenaria) utilizaremos a seguinte fórmula:

$$RUP_{c_{ser}} = \Sigma Hh \div \Sigma QS$$

Fórmula 7 - Razão Unitária de Produção Cumulativa (Servente)

Onde:

RUP_c = Razão Unitária de Produção Cumulativa [Hh/m] ou [Hh/m²]

ΣHh = Somatório de Homem-hora (Servente) durante o período de coleta [Hh]

ΣQS = Somatório de Quantidade de Serviço durante o período de coleta [m] ou [m²]

Obs.: O Índice de Produtividade deve ser calculado em separado para diferentes larguras do bloco/tijolo.



Caracterização do Serviço: ALVENARIA DE VEDAÇÃO COM BLOCOS/TIJOLOS

1. PROJETO DE ALVENARIA

Empresa:

Responsável:

Endereço:

Telefone:

E-mail:

2. ELEMENTOS DE PROJETOS

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Planta de conferência (compatibilização) | <input type="checkbox"/> Plantas de elevação das paredes |
| <input type="checkbox"/> Planta de eixos de locação da alvenaria | <input type="checkbox"/> Recomendações técnicas |
| <input type="checkbox"/> Plantas de marcação de 1ª e 2ª fiadas | <input type="checkbox"/> Planejamento de sequência executiva |
| <input type="checkbox"/> Caderno de detalhes | <input type="checkbox"/> Outras |

3. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Produção e Controle:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Colher de pedreiro | <input type="checkbox"/> Suporte metálico para os caixotes |
| <input type="checkbox"/> Bisnaga | <input type="checkbox"/> Cavaletes |
| <input type="checkbox"/> Serra elétrica manual | <input type="checkbox"/> Betoneira |
| <input type="checkbox"/> Serra de bancada com disco | <input type="checkbox"/> Caixote plástico ou metálico |
| <input type="checkbox"/> Régua de alumínio | <input type="checkbox"/> Andaimés reguláveis |
| <input type="checkbox"/> Gabaritos (Portas e janelas) | <input type="checkbox"/> Aparelho nível a laser |
| <input type="checkbox"/> Prumo de face | <input type="checkbox"/> Linha de náilon |
| <input type="checkbox"/> Nível de bolha | <input type="checkbox"/> Esquadro de alumínio |
| <input type="checkbox"/> Trena metálica | <input type="checkbox"/> Escantilhão |
| <input type="checkbox"/> Régua de alumínio com nível de bolha | <input type="checkbox"/> Nível alemão |
| <input type="checkbox"/> Outros _____ | |

Transporte:

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Jerica | <input type="checkbox"/> Guincho de coluna |
| <input type="checkbox"/> Carrinhos de mão | <input type="checkbox"/> Carrinho porta paletes |
| <input type="checkbox"/> Grua | <input type="checkbox"/> Elevador de obra/balança |

4. MATERIAIS UTILIZADOS

Blocos:

- | | | |
|---------------------|--|--|
| Família dos blocos: | <input type="checkbox"/> 39cm | <input type="checkbox"/> 29cm |
| Origem: | <input type="checkbox"/> Industrializado | <input type="checkbox"/> Produzido em canteiro |

Argamassa de assentamento:

- | | | | |
|----------|--|--|---------------------------------|
| Tipo: | <input type="checkbox"/> Industrializada | <input type="checkbox"/> Produzida em canteiro | |
| Produção | <input type="checkbox"/> Betoneira | <input type="checkbox"/> Argamassadeira | <input type="checkbox"/> Manual |
| Local: | <input type="checkbox"/> No pavimento | <input type="checkbox"/> Outro pavimento | <input type="checkbox"/> Térreo |



Empresa:
Empreendimento:
Local de Inspeção:
Responsável pela coleta de dados:

PLANILHA 1 - HORAS TRABALHADAS SEMANAL
 Serviço: Alvenaria de Vedação com Bloco/Tijolo - Produtividade

Dia da Semana	Segunda			Terça			Quarta			Quinta			Sexta			Sábado			Total Semanal	Observações	
	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F			
Data																					
Função	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F	M	E	F
Pedreiro 1																					
Pedreiro 2																					
Pedreiro 3																					
Pedreiro 4																					
Pedreiro 5																					
Pedreiro 6																					
Total Marcação (M)																					
Total Elevação (E)																					
Total Fixação (F)																					
Servente 1																					
Servente 2																					
Servente 3																					
Servente 4																					
Total Marcação (M)																					
Total Elevação (E)																					
Total Fixação (F)																					

M = Marcação (m) E = Elevação (m²) F = Fixação (m)

 <p>Comunidade da Construção Sistemas à base de cimento</p>	Empresa:
	Empreendimento:
	Local de Inspeção:
	Período de Inspeção:
Responsável:	

Serviço: ALVENARIA DE VEDAÇÃO OU ESTRUTURAL - Produtividade (Hh/m²) ou (Hh/m)

PLANILHA 3 - RUP SEMANAL E CUMULATIVA DO PEDREIRO

Semanas coletadas (Data)	Marcação (m)			
	QS _m (m)	Hh _{pm} direta	RUP _{s_{pm}} direta	RUP _{c_{pm}} direta
Total			---	

QS_m = Quantidade de serviço de marcação executado na semana
Hh_{pm} = Homem hora Pedreiro no serviço de marcação

PLANILHA 3 - RUP SEMANAL E CUMULATIVA DO SERVENTE

Semanas coletadas (Data)	Marcação (m)			
	QS _m (m)	Hh _{sm} direta	RUP _{s_{sm}} direta	RUP _{c_{sm}} direta
Total			---	

QS_m = Quantidade de serviço de marcação executado na semana
Hh_{sm} = Homem hora Servente no serviço de marcação

Semanas coletadas (Data)	Elevação (m ²)			
	QS _e (m ²)	Hh _{pe} direta	RUP _{s_{pe}} direta	RUP _{c_{pe}} direta
Total			---	

QS_e = Quantidade de serviço de elevação executado na semana
Hh_{pe} = Homem-hora Pedreiro no serviço de elevação

Semanas coletadas (Data)	Elevação (m ²)			
	QS _e (m ²)	Hh _{se} direta	RUP _{s_{se}} direta	RUP _{c_{se}} direta
Total			---	

QS_e = Quantidade de serviço de elevação executado na semana
Hh_{se} = Homem-hora Servente no serviço de elevação

 <p>Comunidade da Construção Sistemas à base de cimento</p>	Empresa:	
	Empreendimento:	
	Local de Inspeção:	
	Período de Inspeção:	
	Responsável:	

Serviço: ALVENARIA DE VEDAÇÃO OU ESTRUTURAL - Produtividade (Hh/m²) ou (Hh/m)

PLANILHA 3 - RUP SEMANAL E CUMULATIVA DO PEDREIRO

Semanas coletadas (Data)	Fixação (m)			
	QS _f (m)	Hh _{pf} direta	RUP _{s_{pf}} direta	RUP _{c_{pf}} direta
Total			---	

QS_f = Quantidade de serviço de fixação executado na semana
Hh_{pf} = Homem-hora Pedreiro no serviço de fixação

PLANILHA 3 - RUP SEMANAL E CUMULATIVA DO SERVENTE

Semanas coletadas (Data)	Fixação (m)			
	QS _f (m)	Hh _{sf} direta	RUP _{s_{sf}} direta	RUP _{c_{sf}} direta
Total			---	

QS_f = Quantidade de serviço de fixação executado na semana
Hh_{sf} = Homem-hora Servente no serviço de fixação

Semanas coletadas (Data)	Cinta de amarração (m)			
	QS _{ca} (m)	Hh _{pca} direta	RUP _{s_{pca}} direta	RUP _{c_{pca}} direta
Total			---	

QS_{ca} = Quantidade de serviço da cinta de amarração executado na semana
Hh_{pca} = Homem hora Pedreiro no serviço da cinta de amarração

Semanas coletadas (Data)	Cinta de amarração (m)			
	QS _{ca} (m)	Hh _{sca} direta	RUP _{s_{sca}} direta	RUP _{c_{sca}} direta
Total			---	

QS_{ca} = Quantidade de serviço da cinta de amarração executado na semana
Hh_{sca} = Homem hora Servente no serviço da cinta de amarração



Manual de Indicadores de Produtividade e Perdas de Processos à base de Cimento

PERDAS DE ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA
Serviço: Revestimento de Argamassa Externo



PERDAS DA ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA Serviços: Revestimento de Argamassa Externo

1. OBJETIVO

Monitorar as perdas de argamassa industrializada durante a realização do serviço de revestimento de argamassa externo.

2. ORIENTAÇÕES GERAIS

Os instrumentos de coleta de dados aqui apresentados podem ser utilizados durante toda a obra, ou em períodos/etapas mais representativas, a depender dos objetivos que pretendem alcançar. Deverão ser coletados apenas os dados para PAVIMENTO TIPO.

Os dados deverão ser coletados e totalizados para o período de coleta.

A periodicidade da coleta é **diária** para o levantamento da quantidade de horas trabalhadas e **semanal** para a quantidade de serviço produzido.

A coleta de dados pode ser feita por estagiários ou por profissional treinado.

O cálculo dos resultados pode ser executado por estagiários ou pelo responsável técnico da obra.

3. INSTRUÇÕES DE COLETA

3.1 - Controle de estoque:

Com o auxílio da **Planilha 1 (Consumo real)**, serão registrados:

- * o estoque em sacos no primeiro dia da semana (Verificação Inicial);
- * a entrada em sacos recebida do fornecedor entre a data de Verificação Inicial (VI) e Final (VF);
- * quantos sacos restaram no último dia da semana (VF).

3.2 - Quantidade de serviço:

Com o auxílio da **Planilha 2 (Quantidade de serviço)** registrar:

- * a quantidade de serviço no primeiro horário da semana, antes do início do serviço (VI);
- * a quantidade de serviço no último horário da semana, após o término do serviço de revestimento (VF).

4. FÓRMULAS DE CÁLCULO

4.1 - Consumo real (kg):

Da quantidade total de sacos de argamassa industrializadas presentes no estoque final (VF) subtrai-se a quantidade encontrada o estoque inicial (VI) e soma os sacos recebidos entre as datas de verificação inicial e final. O valor obtido será multiplicado pelo peso do saco (P), conforme fórmula 1.

$$ARG \text{ (kg)} = \{ [EST \text{ (VI)}] + FORN - [EST \text{ (VF)}] \} \times P$$

Fórmula 1 - Quantidade em quilos de argamassa utilizada entre VI e VF

Onde:

ARG (kg) = Quantidade total de argamassa [kg]

EST (VI) = Quantidade de sacos no estoque inicial

EST (VF) = Quantidade de sacos no estoque final

FORN = Quantidade de sacos recebidos entre VI e VF

P = Peso do saco [kg]

4.2 - Quantidade de serviço (m²):

A execução do emboço ou massa única terá sua quantidade de serviço igual a área de parede executada.

$$QS_{ex} \text{ (m}^2\text{)} = \Sigma A_p - \Sigma A_a$$

Fórmula 2 - Quantidade de Serviço Executado (QS_{ex})

Onde:

A_p = Área de parede executada (largura x altura) [m²]

A_a = Área de abertura (vãos) [m²]

4.3 - Consumo de referência do produto (kg/m² para 1 cm de espessura):

Valor fornecido pelo fabricante da argamassa que corresponde a:

$$C_{ref} \text{ (kg/m}^2\text{)} \text{ para 1 cm de espessura}$$

Fórmula 3 - Consumo de referência da argamassa industrializada

4.4 - Consumo unitário de material real (kg/m²):

O consumo real é obtido através da divisão da quantidade de argamassa em kg por quantidade de serviço em m².

$$CUM_r \text{ (kg/m}^2\text{)} = ARG \text{ (kg)} \div QS \text{ (m}^2\text{)}$$

Fórmula 4 - Consumo unitário real de argamassa industrializada



PERDAS DA ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

Serviços: Revestimento de Argamassa Externo

Onde:

CUM_r = Consumo unitário de material real [kg/m²]

QS = Quantidade de serviço [m²]

ARG = Quantidade total de argamassa [kg]

4.5 - Consumo teórico (kg):

O consumo real é obtido através do produto entre a quantidade de argamassa (kg) e a quantidade de serviço executada (m²).

$$C_{\text{teórico}} \text{ (kg)} = C_{\text{ref}} \times e_c \times QS \text{ (m}^2\text{)}$$

Fórmula 5 - Consumo teórico da argamassa industrializada

Onde:

C_{teórico} = Consumo teórico [kg]

e_c = Espessura da camada de revestimento [cm]

C_{ref} = Consumo de referência do fabricante [kg/m²*cm]

QS = Quantidade de serviço [m²]

4.6 - Percentual de Perdas:

A fórmula 6 apresenta o percentual de perdas, e está disponível nas **Planilhas 3 e 4 (Indicadores de Consumo e Perdas)**

$$P_{\text{AI}} \text{ (\%)} = [(C_{\text{real}} - C_{\text{teórico}}) \times 100] \div C_{\text{teórico}}$$

Fórmula 6 - Percentual de perdas da argamassa industrializada

Onde: P_{AI} = Percentual de perdas argamassa industrializada

C_{teórico}: Consumo teórico [Kg]

C_{real} = Consumo real [Kg]



Caracterização do Insumo: ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

Serviço: Revestimento de Argamassa Externo

1. RECEBIMENTO: (marcar um X nos itens verificados)

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Prazo de validade | <input type="checkbox"/> Número de sacos |
| <input type="checkbox"/> Estado de conservação dos sacos | <input type="checkbox"/> Planejamento da data de entrega |

2. PEDIDO DE COMPRAS: (marcar um X nos itens que constam no pedido)

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Tipo de argamassa (uso) | <input type="checkbox"/> Nome do fabricante |
| <input type="checkbox"/> Número da Norma Brasileira pertinente | <input type="checkbox"/> Aviso de ensaio/laudo |

3. ARMAZENAMENTO:

Descarga:

- | | |
|---------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Térreo | <input type="checkbox"/> Pavimento de utilização |
|---------------------------------|--|

Local:

- | | |
|---------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Almojarifado | <input type="checkbox"/> Outro. Qual? _____ |
| <input type="checkbox"/> Fechado | <input type="checkbox"/> Aberto |

Empilhamento:

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Máximo 15 sacos | <input type="checkbox"/> Superior a 15 sacos |
| <input type="checkbox"/> Sobre estrado | <input type="checkbox"/> Apoiado diretamente no chão |

4. TRANSPORTE:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Jérica | <input type="checkbox"/> Guincho de coluna |
| <input type="checkbox"/> Carrinhos de mão | <input type="checkbox"/> Andaime simplesmente apoiado |
| <input type="checkbox"/> Balança suspensa mecanizada | <input type="checkbox"/> Outro. Qual? _____ |

5. PROCESSOS E DETALHAMENTO:

- | | | | |
|-------------------|--|--|------------------------------------|
| Produção: | <input type="checkbox"/> Betoneira | <input type="checkbox"/> Argamassadeira | <input type="checkbox"/> Manual |
| Local: | <input type="checkbox"/> No pavimento | <input type="checkbox"/> Outro pavimento | <input type="checkbox"/> Térreo |
| Aplicação: | <input type="checkbox"/> Manual | | |
| | <input type="checkbox"/> Projetada, com: | <input type="checkbox"/> Canequinha | <input type="checkbox"/> Bomba |
| Desempeno: | <input type="checkbox"/> Grosso | <input type="checkbox"/> Fino | <input type="checkbox"/> Camurçado |



Caracterização do Insumo: ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

Serviço: Revestimento de Argamassa Externo

6. DETALHES CONSTRUTIVOS:

Reforço:

Argamassa armada Ponte de transmissão

Tipo de revestimento da fachada:

Peças Cerâmicas Textura
 Pastilhas Pintura

Detalhes de fachada:

Pingadeiras Peitoris
 Juntas de trabalho Quinas e Cantos

7. MÃO DE OBRA:

Existe treinamento específico da mão de obra para os serviços de revestimento externo?

Sim Não

Equipe de produção:

MO própria MO terceirizada
 Serventes. Quantos? _____
 Pedreiros. Quantos? _____
Total _____



Manual de Indicadores de Produtividade e Perdas de Processos à base de Cimento

PRODUTIVIDADE DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA EXTERNO



Produtividade de Revestimento de Argamassa Externo

1. OBJETIVO

Mensurar a produtividade da mão de obra na execução do serviço de revestimento de argamassa externo.

2. ORIENTAÇÕES GERAIS

Os instrumentos de coleta de dados aqui apresentados podem ser utilizados durante toda a obra, ou em períodos/etapas mais representativas, a depender dos objetivos que pretendem alcançar. Deverão ser coletados apenas os dados para PAVIMENTO TIPO.

Os dados deverão ser coletados e totalizados para o período de coleta.

A periodicidade da coleta é **diária** para o levantamento da quantidade de horas trabalhadas e **semanal** para a quantidade de serviço produzido.

A coleta de dados pode ser feita por estagiários ou por profissional treinado.

O cálculo dos resultados pode ser executado por estagiários ou pelo responsável técnico da obra.

3. INSTRUÇÕES DE COLETA

A coleta dos homens-hora consiste em medir a quantidade direta de operários (pedreiros e serventes) que se dedicaram ao serviço de execução de revestimento de argamassa externo e, por quanto tempo eles se dedicaram.

Por 'horas trabalhadas' deve-se considerar as horas **efetivamente** trabalhadas pelos operários. Este valor pode ser obtido nos cartões de ponto e checado através de informações do encarregado do serviço ou mestre de obras.

É importante salientar que, para o cálculo das horas trabalhadas:

- hora/prêmio NÃO é hora trabalhada (ex.: o encarregado "dá" uma hora a mais por dia durante uma semana para que a equipe finalize um determinado pavimento);
- hora de almoço NÃO é hora trabalhada;
- hora extra efetivamente trabalhada É hora trabalhada.

4. FÓRMULAS DE CÁLCULO

A preparação de base, chapisco e execução do emboço ou massa única terá a quantidade de serviço igual a área de parede executada.

$$QS_{ex} (m^2) = \Sigma A_p - \Sigma A_a$$

Fórmula 1 - Quantidade de Serviço Executado (QS_{ex})

Onde:

A_p = Área de parede executada (largura x altura) [m²]

A_a = Área de abertura (vãos) [m²]

O cálculo da Razão Unitária de Produção (RUP) Semanal para cada um dos serviços de revestimento externo de argamassa realizado por pedreiros será feito através da fórmula:

$$RUP_{s_{ped}} = Hh(s) \div QS(s)$$

Fórmula 2 - Razão Unitária de Produção Semanal (Pedreiro)

Onde:

RUP_s = Razão Unitária de Produção Semanal (Pedreiro) [Hh/m²]

Hh(s) = Total de Homem hora semanal (Pedreiro) [Hh]

QS(s) = Quantidade de serviço semanal [m²]

O cálculo da RUP Cumulativa deve levar em conta o somatório das quantidades de homem-hora de pedreiro e o somatório da quantidade de serviço realizado durante o período de coleta. Neste caso, para o período de execução de **UM PAVIMENTO**.

$$RUPC_{ped} = \Sigma Hh \div \Sigma QS$$

Fórmula 3 - Razão Unitária de Produção Cumulativa (Pedreiro)

Onde:

RUPC_{ped} = Razão Unitária de Produção Cumulativa (Pedreiro) [Hh/m²]

ΣHh = Somatório de Homem hora (Pedreiro) durante o período de coleta [Hh]

ΣQS = Somatório de Quantidade de Serviço durante o período de coleta [m²]



Produtividade de Revestimento de Argamassa Externo

O cálculo da Razão Unitária de Produção (RUP) Semanal para cada um dos serviços de revestimento externo de argamassa realizado por serventes será feito através da fórmula:

$$RUP_{s_{ser}} = Hh(s) \div QS(s)$$

Fórmula 4 - Razão Unitária de Produção Semanal (Servente)

Onde:

RUP_{s_{ser}} = Razão Unitária de Produção Semanal (Servente) [Hh/m²]

Hh(s) = Total de Homem hora semanal (Servente) [Hh]

QS(s) = Quantidade de serviço semanal [m²]

O cálculo da RUP Cumulativa deve levar em conta o somatório das quantidades de homem-hora de servente e o somatório da quantidade de serviço realizado durante o período de coleta. Neste caso, para o período de execução de **UM PAVIMENTO**.

$$RUP_{c_{ser}} = \Sigma Hh + \Sigma QS$$

Fórmula 5 - Razão Unitária de Produção Cumulativa (Servente)

Onde:

RUP_{c_{ser}} = Razão Unitária de Produção Cumulativa (Servente) [Hh/m²]

ΣHh = Somatório de Homem hora (Servente) durante o período de coleta [Hh]

ΣQS = Somatório de Quantidade de Serviço durante o período de coleta [m²]

 Caracterização do Serviço: REVESTIMENTO DE ARGAMASSA EXTERNO		
1. PROJETO DE REVESTIMENTO:		
Nome:		
Endereço:		
Telefone:		
E-mail:		
2. DOCUMENTOS DISPONÍVEIS:		
<input type="checkbox"/> Projeto arquitetônico	<input type="checkbox"/> Projeto de esquadrias	
<input type="checkbox"/> Recomendações técnicas	<input type="checkbox"/> Projeto de fachada	
<input type="checkbox"/> Planejamento de sequência executiva	<input type="checkbox"/> Outros	
3. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS:		
Produção e Controle:		
<input type="checkbox"/> Betoneira	<input type="checkbox"/> Desempenadeira feltrada	
<input type="checkbox"/> Broxa	<input type="checkbox"/> Caixote plástico ou metálico	
<input type="checkbox"/> Colher de pedreiro	<input type="checkbox"/> Suporte para caixote	
<input type="checkbox"/> Desempenadeira de aço	<input type="checkbox"/> Linha de pedreiro	
<input type="checkbox"/> Desempenadeira de canto	<input type="checkbox"/> Frisador para juntas	
<input type="checkbox"/> Desempenadeira de madeira	<input type="checkbox"/> Mástique para calafetação de juntas	
<input type="checkbox"/> Desempenadeira de pingadeira	<input type="checkbox"/> Argamassadeira	
<input type="checkbox"/> Desempenadeira dentada	<input type="checkbox"/> Trena metálica	
<input type="checkbox"/> Nivel de mangueira	<input type="checkbox"/> Fio de prumo	
<input type="checkbox"/> Régua de alumínio	<input type="checkbox"/> Prumo de face	
<input type="checkbox"/> Régua de canto	<input type="checkbox"/> Régua dupla	
<input type="checkbox"/> Andaime apoiado	<input type="checkbox"/> Balancim suspenso mecanizado	
<input type="checkbox"/> Outros. Quais? _____		
Transporte de argamassa:		
<input type="checkbox"/> Bombeado	<input type="checkbox"/> Foguete / Mini grua	
<input type="checkbox"/> Grua	<input type="checkbox"/> Jerica	
<input type="checkbox"/> Elevador	<input type="checkbox"/> Carrinho de mão	
<input type="checkbox"/> Tubo de queda	<input type="checkbox"/> Outro	
3. PROCESSOS E MATERIAIS UTILIZADOS:		
Tipo:		
Chapisco: <input type="checkbox"/> Industrializado	<input type="checkbox"/> Feito em obra	
Emboço: <input type="checkbox"/> Industrializado	<input type="checkbox"/> Feito em obra	
Massa única: <input type="checkbox"/> Industrializado	<input type="checkbox"/> Feito em obra	
Forma de aplicação do chapisco:		
<input type="checkbox"/> Rolado	<input type="checkbox"/> Desempenado	<input type="checkbox"/> Tradicional

 Caracterização do Serviço: REVESTIMENTO DE ARGAMASSA EXTERNO	
Tipo de revestimento da fachada:	
<input type="checkbox"/> Peças Cerâmicas	<input type="checkbox"/> Textura
<input type="checkbox"/> Pastilhas	<input type="checkbox"/> Pintura
Detalhes de fachada:	
<input type="checkbox"/> Juntas de trabalho	<input type="checkbox"/> Quinas e Cantos
<input type="checkbox"/> Pingadeiras	<input type="checkbox"/> Peitoris
Produção:	
<input type="checkbox"/> Betoneira	<input type="checkbox"/> Argamassadeira
<input type="checkbox"/> Manual	
Local de produção:	
<input type="checkbox"/> No pavimento	<input type="checkbox"/> Outro pavimento
<input type="checkbox"/> Térreo	
Aplicação:	
<input type="checkbox"/> Manual	
<input type="checkbox"/> Projetada, com:	<input type="checkbox"/> Canequinha
<input type="checkbox"/> Bomba	
Desempeno:	
<input type="checkbox"/> Grosso	<input type="checkbox"/> Fino
<input type="checkbox"/> Camuçado	
Reforço:	
<input type="checkbox"/> Argamassa armada	<input type="checkbox"/> transmissão
4. MÃO DE OBRA:	
Existe treinamento específico da mão de obra para a execução do revestimento externo em argamassa?	
<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não
Equipe de preparação de base:	
<input type="checkbox"/> MO própria	<input type="checkbox"/> MO terceirizada
<input type="checkbox"/> Serventes. Quantos? _____	
<input type="checkbox"/> Pedreiros. Quantos? _____	
Total _____	
Equipe de chapisco:	
<input type="checkbox"/> MO própria	<input type="checkbox"/> MO terceirizada
<input type="checkbox"/> Serventes. Quantos? _____	
<input type="checkbox"/> Pedreiros. Quantos? _____	
Total _____	
Equipe de execução do emboço ou da massa única:	
<input type="checkbox"/> MO própria	<input type="checkbox"/> MO terceirizada
<input type="checkbox"/> Serventes. Quantos? _____	
<input type="checkbox"/> Pedreiros. Quantos? _____	
Total _____	



Empresa:
Empreendimento:
Local de Inspeção:
Responsável pela coleta de dados:

PLANILHA 1 - HORAS TRABALHADAS SEMANAL (Hh)
Serviço: Revestimento de Argamassa Externo - Produtividade

Dia da Semana	Segunda			Terça			Quarta			Quinta			Sexta			Sábado			Total Semanal			Observações
Data																						
Função	PB	CH	EM	PB	CH	EM	PB	CH	EM	PB	CH	EM	PB	CH	EM	PB	CH	EM	PB	CH	EM	
Pedreiro 1																						
Pedreiro 2																						
Pedreiro 3																						
Pedreiro 4																						
Pedreiro 5																						
Pedreiro 6																						
Total Preparação Base (PB)																						
Total Chapisco (CH)																						
Total Emboço (EM)																						
Servente 1																						
Servente 2																						
Servente 3																						
Servente 4																						
Total Preparação Base (PB)																						
Total Chapisco (CH)																						
Total Emboço (EM)																						

PB = Preparação de Base CH = Chapisco EM = Emboço



Empresa:
Empreendimento:
Local de Inspeção:
Período de Inspeção:
Responsável:

Serviço: REVESTIMENTO DE ARGAMASSA EXTERNO - PRODUTIVIDADE (Hh/m²)

PLANILHA 3 - RUP SEMANAL E CUMULATIVA DO PEDREIRO

Semanas coletadas (Data)	Preparação de Base (m ²)			
	QS _{pb} (m)	Hh _{ppb} direta	RUP _{s_{ppb}} direta	RUP _{c_{ppb}} direta
Total			---	

QS_{pb} = Quantidade de serviço de preparação de base executado na semana
 Hh_{ppb} = Homem-hora de Pedreiro dispendida no serviço de preparação de base

PLANILHA 3 - RUP SEMANAL E CUMULATIVA DO SERVENTE

Semanas coletadas (Data)	Preparação de Base (m ²)			
	QS _{pb} (m)	Hh _{s_{pb}} direta	RUP _{s_{pb}} direta	RUP _{c_{spb}} direta
Total			---	

QS_{pb} = Quantidade de serviço de preparação de base executado na semana
 Hh_{s_{pb}} = Homem hora de Servente dispendida no serviço de preparação de base

Semanas coletadas (Data)	Chapisco (m ²)			
	QS _{ch} (m)	Hh _{p_{ch}} direta	RUP _{s_{p_{ch}}} direta	RUP _{c_{p_{ch}}} direta
Total			---	

QS_{ch} = Quantidade de serviço de chapisco
 Hh_{p_{ch}} = Homem-hora de Pedreiro dispendida no serviço de chapisco

Semanas coletadas (Data)	Chapisco (m ²)			
	QS _{ch} (m)	Hh _{s_{ch}} direta	RUP _{s_{sch}} direta	RUP _{c_{s_{ch}}} direta
Total			---	

QS_{ch} = Quantidade de serviço de chapisco
 Hh_{s_{ch}} = Homem-hora de Servente dispendida no serviço de chapisco



Empresa:
Empreendimento:
Local de Inspeção:
Período de Inspeção:
Responsável:

Serviço: REVESTIMENTO DE ARGAMASSA EXTERNO - PRODUTIVIDADE (Hh/m²)

PLANILHA 3 - RUP SEMANAL E CUMULATIVA DO PEDREIRO

Semanas coletadas (Data)	Emboço ou massa única (m ²)			
	QS _{em} (m)	Hh _{em} direta	RUP _{s_{pem}} direta	RUP _{c_{pem}} direta
Total			---	

QS_{em} = Quantidade de serviço de execução de emboço ou massa única
 Hh_{pem} = Homem-hora de Pedreiro dispendida no serviço de emboço ou massa única

PLANILHA 3 - RUP SEMANAL E CUMULATIVA DO SERVENTE

Semanas coletadas (Data)	Emboço ou massa única (m ²)			
	QS _{em} (m)	Hh _{em} direta	RUP _{s_{sem}} direta	RUP _{c_{sem}} direta
Total			---	

QS_{em} = Quantidade de serviço de execução de emboço ou massa única
 Hh_{sem} = Homem-hora de Servente dispendida no serviço de emboço ou massa única

APÊNDICE B
Questionário de avaliação da
implantação do PROGRIDE



QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

Respondido Por:

Empresa:

Data:

*Deve ser respondido preferencialmente pela pessoa responsável pelo acompanhamento da implantação na empresa.

De forma geral, como você avalia as reuniões de trabalho para a exposição dos indicadores e da metodologia de coleta?

() Ótimo () Bom () Regular () Ruim

De forma geral, como você avalia as planilhas desenvolvidas para explicação dos indicadores e coleta dos dados?

() Ótimo () Bom () Regular () Ruim

De forma geral, como você avalia as visitas técnicas realizadas?

() Ótimo () Bom () Regular () Ruim

De forma geral, como você avalia a forma de envio de resultados (via *e-mail*)?

() Ótimo () Bom () Regular () Ruim

De forma geral, como você avalia o formato dos relatórios gerais e individuais enviados mensalmente?

() Ótimo () Bom () Regular () Ruim

De forma geral, como você avalia a reação das pessoas ao iniciarem o processo de coleta dos indicadores?

() Ótimo () Bom () Regular () Ruim

Os resultados individuais e gerais apresentados nos relatórios do PROGRIDE são avaliados pela Alta Direção?

() Sim () Não

Qual a avaliação geral da Diretoria da empresa sobre o PROGRIDE?

() Ótimo () Bom () Regular () Ruim

Os resultados obtidos pela empresa foram alvo de ações de melhoria, considerando o *benchmarking* verificado?

() Sim () Não

A empresa pretende continuar realizando a medição dos indicadores de perdas, consumo e produtividade de tecnologias construtivas à base de cimento?

() Sim () Não

Quais as principais dificuldades encontradas na implantação dos indicadores?

Quais os principais benefícios trazidos para empresa a partir da implantação dos indicadores?

Qual a sua opinião a respeito do PROGRIDE? As ferramentas disponibilizadas são de fácil aplicação?

Comentários e Sugestões (alterações para melhoria, treinamento interno):

APÊNDICE C
Planilha para envio mensal de resultados

 Comunidade da Construção	Construtora:
	Mês de referência:
	Responsável pelas informações:

INDICADORES MENSAIS - Perdas e Produtividade de Processos à base de Cimento

TECNOLOGIA	INDICADOR		Resultados					
			Semana 01	Semana 02	Semana 03	Semana 04	Semana 05	Mediana
1. ESTRUTURA DE CONCRETO Obra: _____	CONCRETAGEM DE PILAR	Perda de concreto (%)						
		Produtividade - RUP cam	Med H					---
			Med Vcon (m ³ /h)					---
			RUP					
		Produtividade - RUP desc	h (horas)					---
			QS (m ³)					---
			RUP					
		Produtividade - RUP global	h (horas)					---
			QS (m ³)					---
	RUP							
	CONCRETAGEM DE VIGA + LAJE + COMPL. DE PILAR	Perda de concreto (%)						
		Produtividade - RUP cam	Med H					---
			V con (m ³ /h)					---
			RUP					
		Produtividade - RUP desc	h (horas)					---
			QS (m ³)					---
			RUP					
		Produtividade - RUP global	h (horas)					---
			QS (m ³)					---
	RUP							

Med H = Mediana das equipes por caminhão = Med (H_{c1} + H_{c2} + H_{cn})

Med Vcon = Mediana das velocidade de concretagem por caminhão [h] = Med (Vcon_{c1} + Vcon_{c2} + Vcon_{cn})

h = Horas trabalhadas [h]

QS = Quantidade de Serviço executado durante uma concretagem [m³]

RUP = Razão Unitária de Produção [Hh/m³]

RUPcam = Razão Unitária de Produção de caminhão [Hh/m³]

RUPdesc = Razão Unitária de Produção de descarga [Hh/m³]

RUPglobal = Razão Unitária de Produção global [Hh/m³]

 Comunidade da Construção	Construtora:
	Mês de referência:
	Responsável pelas informações:

INDICADORES MENSAIS - Perdas e Produtividade de Processos à base de Cimento

TECNOLOGIA	INDICADOR	Resultados							
		Semana 01	Semana 02	Semana 03	Semana 04	Semana 05	Cumulativa		
2. ALVENARIA DE VEDAÇÃO Obra: _____	ELEVAÇÃO	Perda de blocos/tijolos (%)						---	
		Perda de argamassa industrializada (%)						---	
		Consumo de referência de argamassa (kg/m ²)						---	
		Consumo de argamassa industrializada (kg/m ²)						---	
		Produtividade - RUP pedreiro	Hh						
			QS (m ²)						
			RUP						
		Produtividade - RUP servente	Hh						
			QS (m ²)						
			RUP						
3. REVESTIMENTO EXTERNO Obra: _____	EMBOÇO	Perda de argamassa industrializada (%)						---	
		Consumo de referência de argamassa						---	
		Consumo de argamassa industrializada (kg/m ²)						---	
		Produtividade - RUP pedreiro	Hh						
			QS (m ²)						
			RUP						
		Produtividade - RUP servente	Hh						
			QS (m ²)						
RUP									

Hh = Homens-hora trabalhados por serviço durante uma semana [h]

QS = Quantidade de Serviço executado durante uma semana [m²]

RUP = Razão Unitária de Produção [Hh/m²]

RUPpedreiro = Razão Unitária de Produção de pedreiro [Hh/m²]

RUPservente = Razão Unitária de Produção de servente [Hh/m²]

APÊNDICE D
Roteiro de visita (*in loco*)

Roteiro para visita de reconhecimento (<i>in loco</i>)	
Geral	
1. Caracterizar a empresa	Preenchimento do caderno “ Caracterização da empresa ”. Este caderno deve ser preenchido com auxílio de um profissional da empresa.
2. Caracterizar o empreendimento	Preenchimento do caderno “ Caracterização do empreendimento ”. Este caderno deve ser preenchido com auxílio de um profissional da empresa.
3. Caracterizar o insumo	Preenchimento da planilha de caracterização do insumo presente em cada caderno de perda de materiais , de acordo com a tecnologia avaliada no empreendimento.
4. Caracterizar o serviço	Preenchimento da planilha de caracterização do serviço presente em cada caderno de produtividade da mão de obra , de acordo com a tecnologia avaliada no empreendimento.
Estrutura de concreto	
Solicitar projeto estrutural	De posse do projeto, devem ser obtidas as medidas para cálculo do volume das peças estruturais (pilar, compl. de pilar, viga e laje).
Alvenaria de vedação	
A. Solicitar projeto de alvenaria	Caso não haja, solicitar o projeto de arquitetura. Na impossibilidade de acesso a este, fazer um croqui.
B. Consumo de referência da argamassa	Informação fornecida pelo fabricante, presente no saco de argamassa. Registrar na Planilha 03 do caderno “ Perda de argamassa industrializada ”.
C. Peso de argamassa por saco	Informação presente no saco de argamassa. Registrar na Planilha 01 do caderno “ Perda de argamassa industrializada ”.
Revestimento de emboço de fachada	
A. Solicitar projeto de fachada	Caso não haja, solicitar o projeto de arquitetura. Na impossibilidade de acesso a este, fazer um croqui.
B. Consumo de referência da argamassa	Informação fornecida pelo fabricante, presente no saco de argamassa. Registrar na Planilha 04 do caderno “ Perda de argamassa industrializada ”.
C. Peso de argamassa por saco	Informação presente no saco de argamassa. Registrar na Planilha 01 do caderno “ Perda de argamassa industrializada ”.
D. Espessura de referência para a camada de argamassa	Esta informação deve ser dada pelo projetista da fachada. Caso não haja projeto, utilizar a espessura utilizada para fins de orçamento. Registrar na Planilha 04 do caderno “ Perda de argamassa industrializada ”.

Roteiro para coleta de dados – Estrutura de concreto armado	
Perda e consumo unitário de materiais	
1. Caracterizar o insumo	Este item deve ser feito em caso de alteração das características do insumo.
2. Consumo real	Registrar o volume de concreto recebido na obra executada (consumo real) através da Planilha 01 do caderno “ Perda de concreto ”. Esta informação é obtida por meio das notas fiscais de cada caminhão.
3. Consumo teórico	Registrar a quantidade de serviço executada (consumo teórico) através das Planilhas 02 a 05 do caderno “ Perda de concreto ”.
Produtividade da mão de obra	
4. Caracterizar o serviço	Este item deve ser feito em caso de alteração das características do serviço.
5. Volume de caminhão	Registrar o volume de concreto presente em cada caminhão através da Planilha 01 do caderno “ Produtividade de concretagem ”. Esta informação é obtida por meio das notas fiscais de cada caminhão.
6. Equipe direta	Este dado deve ser obtido através de observação do serviço e registrado na Planilha 01 do caderno “ Produtividade de concretagem ”.
7. Horas trabalhadas (caminhão, descarga e global)	Este dado deve ser obtido através do acompanhamento contínuo do serviço e registrado através do preenchimento da Planilha 01 do caderno “ Produtividade de concretagem ”.
8. Horas disponibilizadas para refeição e execução da escada	Este dado deve ser registrado na Planilha 01 do caderno “ Produtividade de concretagem ”.
9. Caracterização por concretagem	Preencher toda a Planilha 01 do caderno “ Produtividade de concretagem ”.
10. Quantificação do serviço executado	Registrar nas Planilhas 02 a 05 do caderno “ Produtividade de concretagem ”.
Geral	
11. Acompanhamento do serviço	Acompanhar o serviço, observando e registrando de informações necessárias para identificação dos fatores potencialmente influenciadores do consumo unitário, perda e/ou produtividade. Isto inclui informações fornecidas pelo engenheiro da obra e estagiários que controlam o serviço. Estas observações devem ser registradas na Planilha 01 do caderno “ Produtividade de concretagem ”.

Roteiro para coleta de dados - Alvenaria de vedação	
Perda e consumo unitário de materiais	
1. Caracterizar o insumo	Este item deve ser refeito em caso de alteração das características do insumo.
2. Verificação de estoque	3.1. Contagem dos sacos de argamassa no início e fim de cada ciclo de coleta de dados. Registrar na Planilha 01 do caderno “ Perda de argamassa industrializada ”; 3.2. Verificar entradas e saídas de sacos de argamassa através das informações e registros do almoxarife ou de estagiários. Registrar este dado na Planilha 01 do caderno “ Perda de argamassa industrializada ”; 3.3. Ao fim de cada ciclo de coleta, contar os blocos/tijolos marcados remanescentes e registrar na Planilha 03 do caderno “ Perdas de blocos/tijolos ”.
3. Rastreabilidade da alvenaria e quantificação do serviço executado	4.1. Com auxílio da Planilha 02 do caderno “ Perdas de blocos/tijolos ”, controlar a situação da elevação das paredes (nº de fiadas e blocos/tijolos). 4.2. No início e fim de cada ciclo de coleta, registrar na Planilha 02 do caderno “ Perda de argamassa industrializada ” a quantidade de serviço executada.
4. Contagem dos blocos/tijolos marcados assentados	Ao fim de cada ciclo de coleta, registrar nas Planilhas 02 do caderno “ Perdas de blocos/tijolos ” a quantidade de os blocos/tijolos marcados assentados.
5. Marcação dos blocos/tijolos	Para iniciar cada ciclo de coleta, marcar 500 blocos/tijolos com “X”, descontando os que restantes do ciclo anterior.
Produtividade da mão de obra	
6. Caracterizar o serviço	Este item deve ser refeito em caso de alteração das características do serviço.
7. Homens-hora trabalhados	Este dado deve ser obtida através de observação do serviço ou informações da equipe gestora da obra (engenheiro, mestre de obras, técnicos e/ou estagiários) e registrada na Planilha 01 do caderno “ Produtividade da alvenaria de vedação ”.
8. Quantificação do serviço executado	Registrar na Planilha 02 do caderno “ Produtividade da alvenaria de vedação ” a quantidade de serviço.
Geral	
9. Acompanhamento do serviço	Acompanhar o serviço, observando e registrando de informações necessárias para identificação dos fatores potencialmente influenciadores do consumo unitário, perda e/ou produtividade. Isto inclui informações fornecidas pelo engenheiro da obra e estagiários que controlam o serviço.

Roteiro para coleta de dados – Revestimento de emboço de fachada	
Perda e consumo unitário de materiais	
1. Caracterizar o insumo	Este item deve ser refeito em caso de alteração das características do insumo.
2. Verificação de estoque	3.1. Contagem dos sacos de argamassa no início e fim de cada ciclo de coleta de dados. Registrar na Planilha 01 do caderno “ Perda de argamassa industrializada ”; 3.2. Verificar entradas e saídas de sacos de argamassa através das informações e registros do almoxarife ou de estagiários. Registrar este dado na Planilha 01 do caderno “ Perda de argamassa industrializada ”;
3. Quantificação do serviço executado	No início e fim de cada ciclo de coleta, registrar na Planilha 02 do caderno “ Perda de argamassa industrializada ” a quantidade de serviço executada.
Produtividade da mão de obra	
4. Caracterizar o serviço	Este item deve ser refeito em caso de alteração das características do serviço.
5. Homens-hora trabalhados	Este dado deve ser obtida através de observação do serviço ou informações da equipe gestora da obra (engenheiro, mestre de obras, técnicos e/ou estagiários) e registrada na Planilha 01 do caderno “ Produtividade do revestimento de argamassa externo ”.
6. Quantificação do serviço executado	Registrar na Planilha 02 do caderno “ Produtividade do revestimento de argamassa externo ” a quantidade de serviço executada.
Geral	
7. Acompanhamento do serviço	Acompanhar o serviço, observando e registrando de informações necessárias para identificação dos fatores potencialmente influenciadores do consumo unitário, perda e/ou produtividade. Isto inclui informações fornecidas pelo engenheiro da obra e estagiários que controlam o serviço.

APÊNDICE E

Caracterizações de insumos e serviços

CONCRETAGEM DA ESTRUTURA Caracterização de insumos e serviços	OBRA									
	A	B	C	D	G	H	K	M	N	O
1. RECEBIMENTO (verificação)										
Itens da Nota Fiscal	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Especificações de projeto	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Lacre do caminhão	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Abatimento do tronco de cone (<i>slump test</i>)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Horário de saída do caminhão da concreteira	X	X	X	X	X			X	X	X
Horário de chegada do caminhão à obra	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tempo disponível para concretagem	X	X	X		X	X	X		X	X
Resistência à compressão	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2. PEDIDO DE COMPRAS										
Resistência característica do concreto na idade estabelecida	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Número da norma brasileira pertinente	X	X		X		X	X			
Consistência expressa pelo abatimento do tronco de cone	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Traço acordado com a usina			X	X	X	X		X		X
Aviso de exigência da nota fiscal no ato de recebimento	X	X	X	X	X	X				
Aviso de que o concreto será avaliado conforme as NBRs	X	X				X	X			
3. NOTA FISCAL										
Resistência característica do concreto à compressão aos 28 dias, ou outra idade crítica	X	X	X	X		X		X	X	X
Módulo de elasticidade				X						
Consistência expressa pelo abatimento do tronco de cone	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Dimensão máxima característica do agregado graúdo	X	X			X	X			X	X
Teor de argamassa no concreto		X		X	X				X	X
Tipo e consumo mínimo de cimento				X		X			X	X
Fator água/cimento máximo		X		X	X	X		X		X
Presença de aditivos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Número do lacre da betoneira	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Quantidade máxima de água permitida a ser adicionada ao concreto, caso o slump não esteja adequado.	X	X	X	X		X	X	X	X	X

CONCRETAGEM DA ESTRUTURA (continuação) Caracterização de insumos e serviços	OBRA									
	A	B	C	D	G	H	K	M	N	O
4. TRANSPORTE (P: Pilar; V + L: Viga, laje e compl. de pilar)										
Elevador com jericas (n° de elevadores e n° de jericas)								P: 01 El. e 09 Jer.	P: 01 El. e 09 Jer.	P: 01 El. e 04 Jer.
Gruas (n° e tamanho das caçambas)		P: 01 (0,5m³)								P: 01 (0,5m³)
Bomba estacionária com grua segurando mangote		V + L				P + V + L	V + L			
Bomba estacionária com cavalete segurando mangote	P e V + L			P e V + L	P e V + L	P + V + L			P e V + L	
Bomba estacionária com auxílio de jericas										
Bomba lança			Paredes e lajes				V + L	V + L		
Outro										P e V + L
5. MÃO DE OBRA										
Há treinamento da mão de obra para o serviço?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Equipe de produção (P: própria; T: terceirizada)	P	P	P	P e T	P	P	P	P	P e T	P

BLOCOS/TIJOS PARA ALVENARIA DE VEDAÇÃO Caracterização de insumo	Obra B	Obra E	Obra H	Obra J
1. RECEBIMENTO (verificação)				
Planejamento da data de entrega	X	X	X	X
Análise dimensional em amostra	X	X		X
Descarga incluída no fornecimento	X	X	X	
Reposição de blocos trincados, fraturados, deformados, com aparência e texturas inadequadas	X	X		X
Descarga no local adequado	X	X	X	X
Elevada quebra na descarga				
Transporte unitário (a granel)				
Transporte em <i>pallets</i>	X	X	X	X
2. PEDIDO DE COMPRAS				
Dimensões nominais dos blocos		X	X	
Tipo de bloco	X	X	X	X
Resistência do bloco	X			
Nome do fabricante	X	X	X	X
Aviso de entrega do laudo de ensaio				
Número da Norma Brasileira pertinente		X	X	
3. ARMAZENAMENTO				
Descarga	Térreo e pavimentos	Térreo e pavimentos	Pavimento de aplicação	Térreo e pavimentos
Local/ambiente	Coberto	Coberto e aberto	Coberto	Coberto
Forma	Paletizado	Paletizado	Paletizado	Paletizado
4. TRANSPORTE VERTICAL E HORIZONTAL				
Equipamento	Carrinho porta <i>pallet</i> e elevador de obra	Carrinho porta <i>pallet</i> e elevador de obra	Grua, carrinho porta <i>pallet</i> e elevador de obra	Carrinho porta <i>pallet</i> e guincho de coluna
5. MÃO DE OBRA				
Há treinamento da mão de obra para o serviço?	Sim	Não	Sim	Sim
Equipe de produção	Própria	Própria	Própria	Própria

ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO PARA ALVENARIA Caracterização de insumo	Obra B	Obra E	Obra H
1. RECEBIMENTO (verificação)			
Prazo de validade	X	X	X
Estado de conservação dos sacos	X	X	X
Planejamento da data de entrega	X	X	X
Peso da argamassa (saco)	25kg	40kg	40kg
2. PEDIDO DE COMPRAS			
Tipo de argamassa (uso)	X	X	X
Número da Norma Brasileira pertinente		X	X
Nome do fabricante	X	X	X
Entrega do laudo			
3. ARMAZENAMENTO			
Descarga	Térreo	Térreo	Térreo e pavto. de aplicação
Local/ambiente	Fechado	Coberto	Aberto
Empilhamento	Sobre <i>pallets</i> Máximo de 10 sacos	Sobre <i>pallets</i> Máximo de 15 sacos	Sobre <i>pallets</i> Máximo de 15 sacos
4. TRANSPORTE VERTICAL E HORIZONTAL			
Equipamento	Carrinho porta <i>pallet</i> e elevador de obra	Carrinho porta <i>pallet</i> e elevador de obra	Guincho de coluna, elevador de obra, manual e Carrinho porta <i>pallet</i>
5. PRODUÇÃO			
Produção	Argamassadeira	Manual	Argamassadeira e manual
Local	No pavimento	No pavimento	No pavimento
6. TIPO DE APLICAÇÃO			
Equipamento	Palheta	Colher de pedreiro	Palheta
7. MÃO DE OBRA			
Há treinamento da mão de obra para o serviço?	Sim	Não	Sim
Equipe de produção	Própria	Própria	Própria

PRODUTIVIDADE DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO Caracterização de serviço	Obra B	Obra E	Obra H
1. ELEMENTOS DE PROJETO			
Planta de conferência (compatibilização)	X	X	X
Planta de eixos de locação da alvenaria	X	X	X
Plantas de marcação de 1ª e 2ª fiadas	X	X	X
Caderno de detalhes	X	X	X
Plantas de elevação das paredes	X	X	X
Recomendações técnicas	X	X	X
Planejamento de sequência executiva	X	X	X
Outras			
2. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS			
Produção e Controle	Colher de pedreiro, serra elétrica manual, régua de alumínio, gabaritos (portas e janelas), prumo de face, trena metálica, nível de bolha, cavaletes, betoneira, caixote plástico ou metálico, linha de náilon e escantilhão	Colher de pedreiro, régua de alumínio, prumo de face, cavaletes, trena metálica, suporte metálico para caixotes, caixote plástico ou metálico, linha de náilon, esquadro de alumínio e escantilhão	Colher de pedreiro, serra elétrica manual, régua de alumínio, prumo de face, trena metálica, cavaletes, betoneira, caixote plástico ou metálico, linha de náilon, esquadro de alumínio e escantilhão
Transporte	Carrinho porta- <i>pallets</i> e guincho de coluna	Grua, carrinho porta- <i>pallets</i> e elevador de obra	Jerica, carrinho-de-mão, grua, carrinho porta- <i>pallets</i> e elevador de obra
3. MATERIAIS UTILIZADOS (características)			
Família de blocos/tijolos	39cm	-	29cm (bloco de concreto)
Origem dos blocos/tijolos	Industrializado	Industrializado	Industrializado
Tipo de argamassa de assentamento	Industrializada	Industrializada	Industrializada
Produção da argamassa de assentamento	Argamassadeira	Manual	Manual
Local de produção da argamassa de assentamento	No pavimento	No pavimento	No pavimento
Materiais empregados na produção da argamassa	Água	Água	Água
4. MÃO DE OBRA			
Há treinamento da mão de obra para o serviço?	Sim	Não	Sim
Equipe de produção	Própria	Própria	Própria

PRODUTIVIDADE DO EMBOÇO DE FACHADA Caracterização de serviço	Obra F	Obra I	Obra L
1. DOCUMENTOS DISPONÍVEIS			
Projeto de revestimento			
Projeto arquitetônico	X	X	X
Recomendações técnicas			
Planejamento de sequência executiva			X
Projeto de esquadrias			
Projeto de fachada	X	X	
2. EQUIPAMENTOS UTILIZADOS			
Produção e Controle	Betoneira, broxa, colher de pedreiro, desempenadeira de madeira, mangueira de nível, trena metálica, régua de alumínio, prumo de face e linha de pedreiro.	Broxa, colher de pedreiro, trena metálica, desempenadeiras de aço, madeira e dentada, régua de alumínio, mangueira de nível, caixote plástico ou metálico, linha de pedreiro, mastique para calafetação de juntas, frisador para juntas, argamassadeira, fio de prumo e balança suspensa.	Betoneira, broxa, colher de pedreiro, mangueira de nível, desempenadeira dentada, trena metálica, régua de alumínio, frisador para juntas e balança suspensa mecanizada.
Transporte de argamassa	Tubo de queda	Carrinho de mão e tubo de queda	Grua
3. PROCESSOS E MATERIAIS UTILIZADOS			
Emboço ou Massa única	Feito na obra	Industrializado	Feito na obra
Forma de aplicação do chapisco	Tradicional	Tradicional e desempenado	Tradicional
Tipo de revestimento da fachada	Peças cerâmicas	Peças cerâmicas	Peças cerâmicas
Detalhes de fachada	Juntas de trabalho, pingadeiras, quinas e cantos	Juntas de trabalho, quinas e cantos	Juntas de trabalho, quinas e cantos
Produção da argamassa	Betoneira	Argamassadeira	Betoneira
Local de produção da argamassa	Outro pavimento	Próprio e outro pavimento	Térreo
Aplicação	Manual	Manual	Manual
Desempeno	Grosso	Grosso	Fino
Reforço	Argamassa armada	Transmissão	-
4. MÃO DE OBRA			
Há treinamento da mão de obra para o serviço?	Sim	Sim	Sim
Equipe de produção	Própria	Própria	Própria