EDUARDO TASSI DAMIÃO

**Melhoria da produtividade e redução das perdas em concretagens com foco no
relacionamento entre construtora e fornecedor de concreto**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Mestre em
Ciências

Professor Orientador: Prof. Ubiraci
Espinelli Lemes de Souza

São Paulo

2019

EDUARDO TASSI DAMIÃO

Melhoria da produtividade e redução das perdas em concretagens com foco no relacionamento entre construtora e fornecedor de concreto

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Área de concentração: Inovação na Construção Civil

Professor Orientador: Prof. Ubiraci Espinelli Lemes de Souza

São Paulo

2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de de 20

Assinatura do autor

Assinatura do orientador

Catálogo-na-publicação

Damião, Eduardo Tassi

Melhoria da produtividade e redução das perdas em concretagens com foco no relacionamento entre construtora e fornecedor de concreto / E. T.

Damião -- versão corr. -- São Paulo, 2019.

416 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

1.Concreto 2.Design Thinking 3.Estudo de Caso 4.Gerenciamento da construção 5.Produtividade I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil II.t.

AGRADECIMENTOS

Aos meus amigos e familiares por todo o apoio, confiança e compreensão ao longo do período do mestrado.

Ao Fabio, Joelson, Mauricio, Iloser, Rodrigo, Simone, André, Rafael, Atila, Jaildo, Goes e Luiz pelo apoio, colaboração, críticas, sugestões e tempo dedicado que contribuíram muito com o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Maurecir, Paula, Layla, Alessandra, Luana, Alexandre, Renato, Claudio, Celso, Edvaldo, Gerson, Decarli, Richard, Marcelo, Humberto e Miqueias pela abertura, confiança e colaboração no desenvolvimento do trabalho e que possibilitou um novo entendimento do problema em questão.

Ao Selmo, Grazielle e Felipe pela contribuição nos workshops e pelo tempo dedicado.

Aos meus queridos amigos Naira, Luana, Diego, Felipe, Fernanda e Danilo pela ajuda nos testes das dinâmicas e ferramentas dos workshops do Design Thinking.

Ao amigo e grande referência pessoal, Maurício Bernardes, por todo o apoio durante o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Prof. Francisco Cardoso pela contribuição inicial na jornada do mestrado e ajuda na exploração do tema a ser pesquisado.

Ao Prof. Ubiraci por todo suporte, confiança e paciência durante o desenvolvimento do trabalho, dosando críticas e incentivos para me manter motivado e desafiado a atingir um bom resultado, além dos comentários e sugestões feitas para o direcionamento da pesquisa.

Ao Prof. Antônio Figueiredo pela atenção, críticas e sugestões durante e após a banca de qualificação.

À Carla, minha querida companheira, que esteve comigo e me incentivou em todos os momentos desta pesquisa, da decisão por inicia-la à entrega final da dissertação. Não há palavras para expressar minha gratidão e sentimentos por você.

Muito obrigado!

RESUMO

O concreto é o material de construção mais utilizado no mundo (IBRACON, 2009); no entanto, seu uso na construção de edificações no Brasil ainda está associado a baixa produtividade e desperdício de material. Sua principal forma de produção é em central dosadora (TANIGUTI, 2015) e estudos apontam o uso de bomba estacionária / bomba-lança como as principais formas de transporte do material em estruturas reticuladas de concreto armado (FREIRE, 2001). Nesse contexto, muitos fatores que influenciam a produtividade e perdas das concretagens estão ligados ao relacionamento entre fornecedor e a construtora que, apesar de citado em estudos nacionais e internacionais, ainda não teve sua discussão aprofundada com o intuito de melhorar a produtividade e reduzir as perdas em concretagens através de seu aprimoramento. O objetivo do trabalho é propor sugestões para melhorar a produtividade e reduzir as perdas em concretagens pela análise do relacionamento entre esses agentes, através da caracterização de todas as etapas do fornecimento de concreto, pela ótica da construtora, quanto: às atividades realizadas por ambas as partes; aos momentos de interação entre elas; aos principais problemas e dificuldades existentes; e ao impacto dos mesmos sobre as concretagens. Tal análise é feita a partir de duas abordagens diferentes e complementares: Estudo de Caso e Design Thinking; as quais foram conduzidas pelo pesquisador, tendo como objeto a relação entre uma empresa construtora e um de seus fornecedores de concreto. A proposição de sugestões é feita com base nos resultados dessas duas abordagens e na análise dos mesmos pelo pesquisador, embasada pela pesquisa bibliográfica realizada. Além das sugestões, são contribuições deste estudo: a caracterização em detalhe do fornecimento de concreto; a identificação e classificação dos principais fatores de relacionamento quanto ao seu impacto para ambas as empresas; a análise de dados de produtividade e perdas de concretagens; e o detalhamento do procedimento de condução do Estudo de Caso e Design Thinking.

Palavras Chave: Concreto. Design Thinking. Estudo de Caso. Gerenciamento da construção. Produtividade.

ABSTRACT

Concrete is the most used construction material in the world (IBRACON, 2009); however, there is still room for improvement in its productivity and waste rates when used in buildings in Brazil. It is mainly produced in batch plants (TANIGUTI, 2015) and studies suggest that pumping is the most common way for transporting the material on reinforced concrete structures built on site (FREIRE, 2001). In this context, many causes for productivity loss and waste increase on concrete pouring are connected to the relationship between the constructor and the concrete supplier, which, besides being quoted on national and international studies, there are no studies that focus on this subject in order to improve productivity and reduce waste on concrete pouring. The objective of this study is to suggest guidelines and solutions to improve productivity and reduce concrete waste on concrete pouring through the analysis of the relationship between both parts. This analysis was developed through the understanding of each stage of the concrete supply process, from the constructor's viewpoint, describing: the activities done by each part; the moments of interaction between them; main problems and difficulties and their impact on the concrete pouring. The analysis and proposition of guidelines and solutions are made using two different and complementary approaches: Case Study and Design Thinking; which were conducted by the author, aiming the relationship between one construction company and one of its concrete suppliers. The propositions of guidelines and solutions were based on the results of these two methods and on literature review. In addition, the description of the concrete supply process, the problems and difficulties identified and classified by the impact on the concrete pouring, the analysis of concrete pouring productivity and waste data and the detailing of the procedures used to conduct the Case Study and the Design Thinking are also contributions of this research.

Palavras Chave: Case Study. Concrete. Construction Management. Design Thinking. Productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Percentual de construção de edifícios residenciais com base em amostra de 470 construtoras	29
Figura 2 – Percentual de adoção dos sistemas estruturais em 2013 (escuro) e pretensão para 2017 (claro).....	31
Figura 3 – Fluxograma do método de pesquisa	38
Figura 4 – Mapeamento do concreto aplicado	52
Figura 5 – Curva representativa do modelo dos fatores.....	63
Figura 6 – Exemplo gráfico das RUPs	65
Figura 7 – Tempos de concretagem.....	71
Figura 8 – Tempos de concretagem pelo ponto de vista do caminhão betoneira	72
Figura 9 – Classificação do fornecimento de concreto em atividades de fluxo e de conversão	76
Figura 10 – Fluxo de desenvolvimento do EC.....	109
Figura 11 – Organograma com as áreas envolvidas do fornecedor e indicação das que foram entrevistadas em cinza	110
Figura 12 – Organograma com as áreas envolvidas da construtora e indicação da que foram entrevistadas em cinza	111
Figura 13 – Fluxograma de fornecimento de concreto	116
Figura 14 – Legenda do fluxograma do fornecimento de concreto	117
Figura 15 – Fluxo de desenvolvimento da abordagem do DT	139
Figura 16 – Frequência de participação do workshop.....	141
Figura 17 – Incidência dos fatores sobre a produtividade: cinza escuro (direta) e cinza claro (indireta).....	163
Figura 18 – Distribuição e classificação dos fatores de relacionamento que afetam a produtividade das concretagens	168
Figura 19 – Soma do risco dos fatores que afetam a produtividade das concretagens, por etapa.....	170
Figura 20 – Distribuição de fatores que afetam a produtividade por incidência (alguns fatores afetam mais de um item)	171
Figura 21 – Incidência dos fatores sobre as perdas: cinza escuro (direta) e cinza claro (indireta).....	190
Figura 22 – Distribuição e classificação dos fatores de relacionamento que afetam as perdas das concretagens.....	192
Figura 23 – Soma do risco dos fatores que afetam as perdas das concretagens, por etapa.....	194

Figura 24 – Distribuição de fatores que afetam as perdas por volume (alguns fatores afetam mais de um item).....	195
Figura 25 – Notas de maturidade adotado para avaliação das sugestões	203
Figura 26 – Distribuição das sugestões para melhoria da produtividade quanto ao grau de maturidade (1 a 10)	204
Figura 27 – Distribuição das sugestões para redução das perdas quanto ao grau de maturidade (1 a 10)	215
Figura 28 – Fluxograma de escolha das sugestões	222
Figura 29 – Indicação das 6 etapas em cinza (pedido, produção, preparação para concretagem, controle de recebimento, controle de aceitação, transporte do concreto, aplicação e retorno do veículo) já identificadas em referências bibliográficas no fluxo de fornecimento de concreto composto por 29 etapas que foi mapeado.	227
Figura 30 – Distribuição por etapa dos fatores que afetam a programação das concretagens.....	230
Figura 31 – Distribuição por etapa dos fatores que afetam o tempo de início das concretagens.....	234

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Etapas de execução da concretagem (da esquerda para a direita)	45
Tabela 2 – Limites de variação de dosagem dos componentes do concreto	47
Tabela 3 – Preparativos para a concretagem.....	48
Tabela 4 – Comparação de modelos de auto-bombas e auto-bombas com mastro .	54
Tabela 5 – Recomendações de utilização por modelo de bomba	55
Tabela 6 – Interações e atividades que influenciam a produtividade e perdas identificadas em cada etapa	58
Tabela 7 – Variações de indicadores de produtividade e exemplos.....	61
Tabela 8 – Classificação dos fatores influenciadores de concretagens	77
Tabela 9 – Sugestões para melhoria da produtividade das concretagens	80
Tabela 10 – Classificação dos fatores que influenciam as perdas das concretagens	98
Tabela 11 – Classificação das sugestões de melhoria para redução das perdas de concretagens	101
Tabela 12 – Relação dos instrumentos de pesquisa com as questões e contexto do EC.....	108
Tabela 13 – Observações realizadas com o fornecedor	112
Tabela 14 – Observações realizadas com a construtora	112
Tabela 15 – Documentos do fornecedor	112
Tabela 16 – Documentos da construtora	112
Tabela 17 – Caracterização das empresas.....	114
Tabela 18 – Resumo Etapa 3 – Fonte: Apêndice A	118
Tabela 19 – Resumo Etapa 5 – Fonte: Apêndice A	119
Tabela 20 – Resumo Etapa 6 – Fonte: Apêndice A	119
Tabela 21 – Resumo Etapa 8 – Fonte: Apêndice A	119
Tabela 22 – Resumo Etapa 9 – Fonte: Apêndice A e F	120
Tabela 23 – Resumo Etapa 11 – Apêndice A.....	120
Tabela 24 – Resumo Etapa 12 – Fonte: Apêndice A	121
Tabela 25 – Resumo Etapa 13 – Fonte: Apêndices A e B	121
Tabela 26 – Resumo Etapa 14 – Fonte: Apêndice A	122
Tabela 27 – Resumo Etapa 15 – Fonte: Apêndices A e E	122
Tabela 28 – Resumo Etapa 16 – Fonte: Apêndices A, C e D	123
Tabela 29 – Resumo Etapa 17 – Fonte: Apêndices A e C	125
Tabela 30 – Resumo Etapa 18 – Fonte: Apêndice A	126
Tabela 31 – Resumo da Etapa 19 – Fonte: Apêndice A e G.....	127

Tabela 32 – Resumo na Etapa 20 – Fonte: Apêndice A.....	128
Tabela 33 – Resumo da Etapa 21 – Fonte: Apêndice A.....	129
Tabela 34 – Resumo da Etapa 22 – Fonte: Apêndice A.....	129
Tabela 35 – Resumo da Etapa 23 – Fonte: Apêndice A.....	131
Tabela 36 – Resumo da Etapa 24 – Fonte: Apêndice A e D	131
Tabela 37 – Resumo da Etapa 25 – Fonte: Apêndice A e D	133
Tabela 38 – Resumo da Etapa 26 – Fonte: Apêndice A.....	134
Tabela 39 – Resumo da Etapa 28 – Fonte: Apêndice A.....	134
Tabela 40 – Resumo da Etapa 28 – Fonte: Apêndice A.....	135
Tabela 41 – Relação dos agentes e respectivos representantes convidados a participar do DT.....	140
Tabela 42 – Queixas com relação a produtividade.....	143
Tabela 43 – Queixas quanto a produtividade com relação ao material	144
Tabela 44 – 17 ideias geradas a partir do desafio atualizado “a”	148
Tabela 45 – 30 ideias geradas a partir do desafio atualizado “b”	149
Tabela 46 – 25 ideias geradas a partir do desafio atualizado “c”.....	151
Tabela 47 – Notas e critérios de avaliação do impacto e da ocorrência dos fatores	162
Tabela 48 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 03 – Estudo logístico pré-obra / -	172
Tabela 49 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 05 – Solicitação de proposta / Análise de solicitação.....	172
Tabela 50 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 06 – - / Análise da capacidade das centrais	172
Tabela 51 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 08 – - / Caracterização e controle dos materiais	173
Tabela 52 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 11 – Cadastro e elaboração da proposta	173
Tabela 53 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 12 – Negociação e seleção / Negociação	173
Tabela 54 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 13 - Contratação.....	174
Tabela 55 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 14 – Estudo logístico de obra / Reunião de Início de obra	175
Tabela 56 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 15 – Especificações para o pedido / -	176
Tabela 57 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 16 – Programação da concretagem / Compatibilização das programações	177

Tabela 58 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 17 – Preparativos para concretagem / Preparativos para concretagem	179
Tabela 59 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 18 – Preparação da bomba e tubulação / Envio e preparação da bomba e tubulação	180
Tabela 60 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 19 – - / Carregamento dos pedidos já “liberados”	182
Tabela 61 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 20 – Liberação dos pedidos “a liberar” / Carregamento dos pedidos liberados “a liberar”	183
Tabela 62 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 21 – - / Transporte para a obra	184
Tabela 63 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 22 – Controle de recebimento dos caminhões / Controle de recebimento dos caminhões	184
Tabela 64 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 24 – Descarregamento e bombeamento do concreto / Descarregamento e bombeamento do concreto	186
Tabela 65 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 25 – Aplicação do concreto / -	188
Tabela 66 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 28 – Pagamento / Cobrança e faturamento	189
Tabela 67 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 09 – - / Estudo de dosagem	196
Tabela 68 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 13 – Contratação / Contratação	196
Tabela 69 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 14 – Estudo logístico de obra / Reunião de início de obra.....	197
Tabela 70 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 15 – Especificações para o pedido / -	197
Tabela 71 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 17 – Preparativos para concretagem / Preparativos para concretagem	197
Tabela 72 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 19 – - / Carregamento dos pedidos já “liberados”	198
Tabela 73 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 21 – - / Transporte para a obra	199
Tabela 74 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 22 – Controle de recebimento dos caminhões / Controle de recebimento dos caminhões.....	199
Tabela 75 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 23 – Controle tecnológico / Controle tecnológico	200

Tabela 76 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 24 – Descarregamento e bombeamento do concreto / Descarregamento e bombeamento do concreto.....	200
Tabela 77 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 25 – Aplicação do concreto / -	200
Tabela 78 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 26 – - / Retorno do caminhão à central	201
Tabela 79 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 27 – Desmontagem e limpeza da tubulação e bomba / Desmontagem e limpeza da tubulação e bomba.....	201
Tabela 80 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 3 – Estudo logístico pré-obra / -	204
Tabela 81 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 4 – Homologação do fornecedor / Homologação pela construtora	205
Tabela 82 – Sugestões para produtividade, de aplicação na Etapa 07 – Solicitação de proposta / Análise de solicitação	205
Tabela 83 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 11 - - / Cadastro e Elaboração da proposta	205
Tabela 84 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 12 – Negociação e seleção / Negociação	205
Tabela 85 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 13 – Contratação / Contratação.....	206
Tabela 86 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 14 – Estudo Logístico / Reunião de início de obra	207
Tabela 87 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 15 – Especificações para o pedido / -	209
Tabela 88 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 16 – Programação da concretagem / Compatibilização das programações.....	209
Tabela 89 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 17 – Preparativos para concretagem / Preparativos para concretagem.....	210
Tabela 90 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 19 – - / Carregamento dos pedidos já “liberados”	211
Tabela 91 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 21 – - / Transporte para a obra.....	211
Tabela 92 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 22 – Controle de recebimento dos caminhões / Controle de recebimento dos caminhões	211
Tabela 93 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 24 – Descarregamento e bombeamento do concreto / Descarregamento e bombeamento do concreto.....	212
Tabela 94 – Sugestões para produtividade, de aplicação na Etapa 25 – Aplicação do concreto / -	212
Tabela 95 – Sugestões mais abrangentes para melhoria da produtividade	212

Tabela 96 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 4 – Homologação do fornecedor / Homologação pelo fornecedor.....	215
Tabela 97 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 10 – - / Ajuste e comprovação dos traços.....	215
Tabela 98 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 12 – Negociação e seleção / Negociação	216
Tabela 99 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 13 – Contração / Contração	216
Tabela 100 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 14 – Estudo Logístico / Reunião de início de obra.....	217
Tabela 101 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 15 – Especificações para o pedido / -	217
Tabela 102 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 17 – Preparativos para concretagem / Preparativos para concretagem	218
Tabela 103 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 19 – - / Carregamento dos pedidos já “liberados”	218
Tabela 104 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 22 – Controle de recebimento dos caminhões / Controle de recebimento dos caminhões.....	219
Tabela 105 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 24 – Descarregamento e bombeamento do concreto / Descarregamento e bombeamento do concreto .	219
Tabela 106 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 25 – Aplicação do concreto / -	219
Tabela 107 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 27 – Desmontagem e limpeza da tubulação e bomba / Desmontagem e limpeza da tubulação e bomba	220
Tabela 108 – Sugestões mais abrangentes para redução das perdas	220
Tabela 109 – Notas e critérios de análise do risco e sugestões preferenciais	221
Tabela 110 – Comparação de fatores da revisão bibliográfica e identificados na pesquisa	227
Tabela 111 – Comparação de sugestões da revisão bibliográfica e sugeridas pela pesquisa	228

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATT	Área de Transporte e Triagem
CB	Caminhão betoneira
CDC	Concreto dosado em central
CPs	Corpos de prova
CUM	Consumo unitário de material
DT	Design Thinking
EC	Estudo de caso
EPI	Equipamento de proteção individual
ERCA	Estrutura reticulada de concreto armado
FCK	Resistência característica a compressão do concreto, determinado a partir de uma amostra
FCM	Resistência média a compressão do concreto, determinado a partir de uma amostra
GPS	Global Positioning System
IP	Índice de perda
PIB	Produto Interno Bruto
RUP	Razão unitária de produção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	23
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO.....	23
1.1.1	A importância da produtividade na construção civil	23
1.1.2	A importância da produtividade na concretagem no subsetor de edificações.....	30
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA	33
1.3	OBJETIVOS	34
1.3.1	Objetivo geral	34
1.3.2	Objetivos específicos	34
1.4	METODOLOGIA	34
1.4.1	Caracterização da pesquisa.....	35
1.4.2	Método	36
1.5	ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	39
2	CONCRETAGEM DE ERCA COM CDC BOMBEADO	41
2.1	A ERCA	41
2.2	A EXECUÇÃO DA ERCA	43
2.3	A EXECUÇÃO DA CONCRETAGEM.....	44
2.3.1	Pedido.....	45
2.3.2	Produção.....	46
2.3.3	Preparação.....	48
2.3.4	Controle de recebimento	49
2.3.5	Controle de aceitação	51
2.3.6	Transporte do concreto	53
2.3.7	Aplicação.....	55
2.3.8	Retorno do veículo	58
2.4	RELACIONAMENTO FORNECEDOR E CONSTRUTORA.....	58
3	PRODUTIVIDADE NA CONCRETAGEM DE ERCA COM CDC BOMBEADO .	61
3.1	DEFINIÇÃO DE PRODUTIVIDADE.....	61
3.2	PRODUTIVIDADE NAS CONCRETAGENS.....	68
3.3	FATORES INFLUENCIADORES.....	73
3.4	SUGESTÕES DE MELHORIA.....	79
3.5	PRODUTIVIDADE E RELACIONAMENTO FORNECEDOR E CONSTRUTORA	82
4	PERDAS NA CONCRETAGEM DE ERCA COM CDC BOMBEADO	87
4.1	DEFINIÇÃO DE PERDAS	87

4.2	PERDAS EM CONCRETAGENS.....	92
4.3	FATORES INFLUENCIADORES	97
4.4	SUGESTÕES DE MELHORIA	100
4.5	PERDAS E RELACIONAMENTO FORNECEDOR E CONSTRUTORA	102
5	ESTUDO DE CASO (EC).....	105
5.1	CARACTERIZAÇÃO DO EC.....	105
5.2	PROCEDIMENTO DO EC.....	108
5.3	RESULTADOS DO EC	113
5.3.1	Caracterização das empresas	114
5.3.2	Etapas do fornecimento de concreto	114
5.3.3	Impacto das atividades e problemas sobre a produtividade e perdas das concretagens.....	118
6	DESIGN THINKING (DT)	137
6.1	CARACTERIZAÇÃO DO DT	137
6.2	PROCEDIMENTO DO DT.....	139
6.3	RESULTADOS DO DT.....	141
6.3.1	Resultados do primeiro Workshop – Imersão	142
6.3.2	Resultados do segundo Workshop – Ideação	145
6.3.3	Resultados do terceiro Workshop – Prototipação.....	155
7	CONCLUSÕES DO EC E DT.....	159
7.1	FATORES DE RELACIONAMENTO QUE AFETAM AS CONCRETAGENS 159	
7.1.1	Fatores que afetam a produtividade das concretagens	162
7.1.2	Fatores que afetam as perdas das concretagens.....	190
7.2	SUGESTÕES PARA MELHORIA DAS CONCRETAGENS.....	202
7.2.1	Sugestões para melhoria da produtividade	203
7.2.2	Sugestões para redução das perdas	214
7.3	PROPOSTA PARA ESCOLHA DAS SUGESTÕES PARA MELHORIA DAS CONCRETAGENS	221
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	223
8.1	ATINGIMENTO DOS OBJETIVOS	223
8.2	CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO.....	224
8.2.1	Compilação de dados e recomendações sobre produtividade da construção civil e o subsetor de edificações	225
8.2.2	Compilação de formas de se medir a produtividade e perdas de concreto em concretagens.....	225

8.2.3	Compilação de fatores influenciadores e sugestões de melhoria para produtividade e redução de perdas nas concretagens	226
8.2.4	Compilação de recomendações de entidades nacionais e internacionais relacionadas ao uso do concreto como material de construção	226
8.2.5	Complementação das etapas que compõe a concretagem	226
8.2.6	Identificação de fatores inéditos que afetam a produtividade das concretagens e as perdas das concretagens	227
8.2.7	Proposição de sugestões inéditas para a melhoria da produtividade e redução das perdas das concretagens	228
8.2.8	Complementação do entendimento do impacto das programações na produtividade das concretagens	228
8.2.9	Complementação do entendimento dos atrasos para início de concretagens	232
8.2.10	Complementação do entendimento dos intervalos entre descarregamento de caminhões betoneira	234
8.2.11	Complementação do entendimento de causas de discussão com relação ao volume de concreto entregue	235
8.2.12	Referência metodológica de uso de um Estudo de Caso único com múltiplas fontes de evidências	235
8.2.13	Referência metodológica de uso da abordagem do Design Thinking para a proposição de soluções para problemas da construção	235
8.3	SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS	236
REFERÊNCIAS		237
APÊNDICE A – PROCEDIMENTO DO ESTUDO DE CASO		245
APÊNDICE B – FLUXO DE FORNECIMENTO DE CONCRETO		263
APÊNDICE C – ANÁLISE DOS CONTRATOS		359
APÊNDICE D – ANÁLISE DA PROGRAMAÇÃO		365
APÊNDICE E – ANÁLISE DOS TEMPOS DE CONCRETAGEM		369
APÊNDICE F – ANÁLISE DO VOLUME DE CONCRETO SOLICITADO		379
APÊNDICE G – ANÁLISE DO VOLUME DE CONCRETO FORNECIDO PELA MASSA ESPECÍFICA		381
APÊNDICE H – ANÁLISE DO VOLUME DE CONCRETO FORNECIDO POR PESAGEM EM BALANÇA		387
APÊNDICE I – PROCEDIMENTO DO DESIGN THINKING (DT)		401

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo contém elementos que introduzem o tema da produtividade e justificam o foco dado às concretagens e ao relacionamento entre a construtora e fornecedor como um dos caminhos identificados em estudo setoriais para aumento da produtividade na construção e, de forma relacionada, de redução das perdas.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO

O texto a seguir se inicia pela discussão da importância da produtividade para a construção civil, para o subsetor de edificações e identifica algumas das principais ações sugeridas por estudos setoriais para sua melhoria. Essas recomendações e a importância identificada são relacionadas às produtividades e perdas das concretagens e ao foco deste trabalho, encerrando com a apresentação de alguns estudos anteriores que reforçam a importância da condução desta pesquisa.

1.1.1 A importância da produtividade na construção civil

A construção civil é um setor de extrema importância, tanto para a economia nacional quanto internacional. Ao construir e transformar os ambientes e locais em que as pessoas trabalham, moram e se relacionam, acaba servindo a quase todas as outras indústrias (GERBERT; ROTHBALLER; RENZ, 2016).

A nível mundial, ela é responsável por cerca de 6% do PIB e por empregar 7% do total de trabalhadores, gerando receitas anuais de US\$ 10 trilhões. Sua representatividade é ainda maior para as economias de países emergentes, representando em média 8% do PIB, e 5% do PIB para os países desenvolvidos (GERBERT; ROTHBALLER; RENZ, 2016).

No Brasil, o PIB da construção civil representa cerca de 8,5% do PIB da economia (ABRAMAT, 2015), acima da média dos países emergentes, e emprega cerca de 6,2 milhões de trabalhadores com carteira assinada (13,4% do total do país) e ocupa 12,5 milhões de pessoas (13,7% do total do país) considerando empreendedores, profissionais autônomos, empregados sem carteira assinada e aprendizes. Fazem parte do setor os agentes e atividades ligados: à indústria de materiais, componentes e sistemas; ao comércio atacadista e varejista relacionados a esses insumos; aos serviços técnicos especializados; à construção de edificações

e obras de infraestrutura; à venda e locação de máquinas e equipamentos; aos serviços financeiros, imobiliários, de manutenção e de reforma, de demolições e reconstruções (CBIC; 2013).

Em termos mundiais, o subsetor de edificações é um dos mais representativos em termos de percentual de valor agregado em relação ao total da indústria, respondendo em média por 23% da economia global do setor (BARBOSA et al., 2017). No Brasil, a representatividade do subsetor de edificações é ainda maior, estando acima dos 40% nos anos de 2014 e 2015 (IBGE, 2015), e sua importância ainda é reforçada pelo fato de o país ter um déficit habitacional de 6,1 milhões de famílias (CONSTRUBUSINESS, 2016).

Contudo, apesar de sua grande representatividade a nível nacional e internacional, a eficiência da construção na transformação de materiais, trabalho e outros recursos em serviços ou produtos, ou seja, sua produtividade, ainda é baixa. Analisando a produtividade do setor pela medida do valor agregado ao PIB por trabalhador envolvido, percebe-se que há uma estagnação no seu incremento. O indicador de produtividade da construção civil cresceu em média apenas 1% ao ano ao longo das duas últimas décadas enquanto o da economia como um todo cresceu 2,8% em média e o da indústria de manufatura, 3,6%. Diferença significativa, dado que os custos com mão-de-obra na construção civil representam entre 30% e 50% do custo total de um empreendimento de construção (BARBOSA et al., 2017a).

Como consequência do incremento inferior, esse indicador de produtividade se distancia cada vez mais dos de outras indústrias. Analisando dados do período entre 2003 e 2013, um estudo conduzido pela Fundação Getúlio Vargas em parceria com o Sinduscon-SP verificou que a diferença entre a produtividade média da construção e a produtividade média da economia de uma amostra de 18 países passou de 1,4% em 2003 para 11,3% em 2013 (FGV, 2016).

Comparando a situação do Brasil com os demais países da amostra, tanto a produtividade da construção quanto da economia como um todo estão defasadas: a produtividade da construção civil representa cerca de 70% da média da amostra e a produtividade da economia, cerca de 76% (FGV, 2016).

Percebe-se que não apenas a construção civil como setor tem produtividade inferior à de outros setores como a construção civil brasileira especificamente também precisa se desenvolver para atingir os patamares de outros países. De acordo com pesquisa realizada pela McKinsey Global Institute com diversos projetos de

construção civil ao redor do mundo, em 70% dos projetos avaliados o orçamento foi excedido e em 61% houve atraso no cronograma (BARBOSA et al., 2017), evidenciando a necessidade global ainda existente de aumento da produtividade do setor.

Procurando entender o porquê dessa situação e traçar meios de contorná-la, estudos têm convergido quanto à influência da dinâmica do setor e da relação entre seus agentes, da forma como os empreendimentos são geridos e da cultura conservadora da construção na manutenção de índices baixos de crescimento da produtividade (BARBOSA et al., 2017; GERBERT; ROTHBALLER; RENZ, 2016; CBIC, 2013; SILVA, 2000):

- A fragmentação do setor, composto principalmente por pequenas e médias empresas, cada uma com seus próprios interesses, dificulta a integração entre os diversos agentes e, como consequência, a entrega de projetos dentro do custo e prazo previstos. Soma-se a isso a estrutura dos contratos que regem essas relações, cujos pontos críticos são: a hostilidade, litígio, aversão ao risco e falta de transparência e confiança; a dificuldade em retratar as incertezas do projeto; alocação de risco e divisão de incentivos ineficiente entre os agentes. Como consequência, acabam por desincentivar ainda mais a colaboração, sendo uma das principais barreiras para aumento da produtividade;
- Há falta de comunicação, de formalização e de monitoramento ao longo do desenvolvimento dos empreendimentos, gerando altas taxas de modificações, interrupção dos fluxos de material e trabalho e, conseqüentemente, queda da produtividade.
- Investe-se pouco em digitalização, desenvolvimento de pessoas e transferência de lições aprendidas entre os empreendimentos e, como consequência, tem-se uma carência de jovens talentos e baixa capacidade de criar e implantar inovações, o que dificulta a melhoria da produtividade. Segundo BARBOSA et al. (2017), existe uma correlação entre o nível de digitalização de uma indústria e o crescimento de sua produtividade nos últimos dez anos – a construção civil está entre as menos digitalizadas.

Tem-se, ao mesmo tempo, um cenário desafiador e cheio de oportunidades para as empresas que conseguirem superar essas condições atuais. Para isso, algumas das recomendações encontradas nesses estudos relacionadas à integração entre os agentes, à gestão dos empreendimentos e à inovação, visando aumentar a produtividade, são:

- Relacionamento entre os agentes:
 - Os modelos contratuais precisam ser revisados para trazer maior transparência e confiança entre as partes, além de uma melhor divisão de riscos e incentivos;
 - Os objetivos e expectativas precisam ser definidos em conjunto pelos envolvidos e melhor coordenados ao longo do ciclo do empreendimento;
 - É preciso incentivar a troca de informações e compartilhamento das melhores práticas entre as empresas e a formação de parcerias de Pesquisa & Desenvolvimento para desenvolver uma cultura de cooperação;
 - As contratações precisam ser balizadas em valor agregado e experiências anteriores, não apenas em preço, e os diferentes fornecedores precisam ser envolvidos mais cedo no negócio para que se aproveite ao máximo a expertise de cada um e que se tenham ganhos quanto a garantia de entrega de serviços e materiais no prazo, redução de perdas, de problemas de agendamento e de mudanças em cima da hora;
 - Combinar tecnologia com o desenvolvimento da rede de fornecedores e contratos eficientes para melhorar o planejamento, aumentar a transparência e reduzir atrasos.
- Gestão dos empreendimentos:
 - Identificar e monitorar os indicadores-chave do processo de produção para controle, coordenação e alinhamento com os demais agentes envolvidos e utilizá-los para a criação de uma base de dados de referência para desempenho de empreendimentos futuros;

- Definir uma fonte única e compartilhável para monitoramento do progresso do empreendimento e assim minimizar divergências e possibilitar ações corretivas conjuntas entre os agentes;
 - Aprimorar planejamento das atividades e gestão sobre fornecedores quanto ao escopo, tempo e custo para reduzir perdas e variabilidade na construção.
- Inovação:
 - Uso de dispositivos móveis, sensores, internet das coisas e aplicativos para geração e análise de dados ao longo do ciclo de vida do empreendimento que auxiliem na tomada de decisão, possibilitando monitoramento do desempenho de equipes e equipamentos, gestão de estoque, logística de materiais, gestão de documentos, geração de novas ideias, entre outros;
 - Implantar cultura de inovação através da formação de equipes multidisciplinares, multifuncionais e com diferentes talentos, da criação de formas de contrato que incentivem a colaboração entre os envolvidos no empreendimento, da formação de parcerias e relação de longo prazo com fornecedores para quebrar as barreiras de conservadorismo do setor;
 - Desenvolver inovações com foco no cliente, utilizando projetos pilotos e protótipos para melhor direcionamento, seja na área técnica de engenharia ou em modelos de negócio.

Alinhado com essas questões, o projeto “Estratégias para a formulação de política de Ciência, Tecnologia e Inovação”, desenvolvido pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), a Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC) e representantes da academia, setor privado e setor público, no que tange ao aumento de produtividade da construção civil, sugere:

- O desenvolvimento de estudos sobre competitividade e criação de valor no setor, voltados à articulação da cadeia produtiva e sua modernização e à investigação de mecanismos indutores de inovação nas empresas;

- O desenvolvimento de componentes, sistemas e processos inovadores para aumento da produtividade, redução do tempo de entrega do produto, menor consumo de materiais e menores perdas;
- O desenvolvimento de métodos e indicadores integrados e de tecnologias e ferramentas que visem à melhor gestão de custos, prazos, riscos e recursos;
- A aproximação entre a academia, o setor e seus agentes para formação de parcerias com foco em inovação e resolução de problemas, criação de indicadores que demonstrem os benefícios da adoção dessas inovações e soluções para convencimento do mercado.

Percebe-se não apenas a importância da relação entre os agentes, da gestão da produção e da inovação para aumento da produtividade, mas a influência da relação entre os agentes também sobre a gestão e a inovação na construção.

Em estudo realizado com 477 construtoras sobre a responsabilidade pela inovação tecnológica na construção, chegou-se à conclusão que é uma responsabilidade dividida entre fornecedores e construtores: 45% acreditam ser responsabilidade do fornecedor e 55% da construtora (TANIGUTI, 2014). Ou seja, para a inovação acontecer, é necessária a participação de ambos.

Ainda que uma construtora tenha acesso a novas tecnologias, a rede cada vez mais complexa de fornecedores e as ineficiências na interface entre os mesmos tem um impacto potencial grande sobre a produtividade das construtoras como um todo (FGV, 2016). Ou seja, existe uma grande influência do desempenho dos fornecedores sobre a competitividade das construtoras.

Segundo Silva (2000), existe uma cultura “isolacionista” no mercado da construção civil que precisa ser mudada e as interfaces entre os agentes devem ser melhor geridas. As empresas não podem mais ser visualizadas como agentes econômicos isolados, mas, conforme Isatto (1996), como “elos de uma cadeia produtiva, cuja eficiência e competitividade não pode ser atribuída às eficiências isoladas de seus diversos integrantes”.

É dentro desse contexto que se propõe o estudo da relação entre dois agentes que atuam em uma das principais etapas da construção de edificações residenciais para melhoria de sua eficiência. Tal foco se justifica pela maior representatividade das edificações residenciais em relação às demais (Figura 1), por um dos fatores críticos de competitividade no subsetor de edificações residenciais ser o custo de construção,

intimamente relacionado à produtividade (MONTEIRO FILHA et al., 2013) e à capacidade dos construtores de se relacionar e formar parcerias com fornecedores de produtos e serviços e de retroalimentar e melhorar seus processos (SILVA, 2000), estando alinhado com as necessidades apresentadas anteriormente.

A importância da produtividade para esse subsetor, especificamente o mercado imobiliário, é ampliada pela recessão econômica que perdura desde 2012 e que têm forçado as construtoras a se reinventarem para permanecerem competitivas e, mais recentemente, produzirem o mínimo necessário com o máximo de eficiência para sobreviverem esse momento e retomarem suas atividades num futuro mais propício em que o PIB da economia volte a crescer (FGV, 2016).

Figura 1 – Percentual de construção de edifícios residenciais com base em amostra de 470 construtoras

Fonte: Taniguti (2014).

Apesar de sua importância, pesquisas mostram a dificuldade das construtoras em aumentar sua produtividade. Segundo pesquisa realizada com 62 construtoras do Estado de São Paulo realizada pelo Sinduscon-SP, 97% das empresas não estavam totalmente satisfeitas com a produtividade de sua empresa: 37% alegaram não estar satisfeitas com sua produtividade e 60% alegaram que estavam satisfeitas, mas que a produtividade poderia ser melhor. Isso se reflete na satisfação do consumidor, como demonstrado por levantamento feito pela Ernest & Young (EY, 2014), em que 31% das queixas prestadas no PROCON-SP contra construtoras eram referentes a descumprimento de prazo de entrega dos empreendimentos. Analisando o setor, no acumulado entre 2007, período de grande crescimento, e 2016, com 4 anos de

recessão, nota-se uma queda na produtividade medida como o PIB gerado por trabalhador do setor de 0,4% (CONSTRUBUSINESS, 2016).

Percebe-se, portanto, a necessidade e oportunidade de proposição de ações que auxiliem as construtoras de edificações a aumentar sua produtividade com foco no relacionamento entre os agentes.

1.1.2 A importância da produtividade na concretagem no subsetor de edificações

O concreto é o segundo material mais consumido no mundo, perdendo apenas para a água (IBRACON, 2009). Estima-se que a produção mundial anual de concreto gire em torno de 25 bilhões de toneladas (CSI, 2009). Dentre os motivos para seu amplo emprego em estruturas, destacam-se: a resistência à água sem deterioração, em comparação com madeira e aço comum; facilidade para execução de elementos estruturais de diferentes formas e tamanhos; além do baixo custo e rápida disponibilidade do material na obra (MEHTA; MONTEIRO, 2008). Considerando esses pontos, atualmente não existe um material que seja produzido em larga escala capaz de substituí-lo como principal material de construção (WBCSD, 2009).

No Brasil não é diferente. Na construção de edificações, ele é principalmente produzido em centrais dosadoras de concreto, utilizado em estruturas reticuladas de concreto armado e transportado até o ponto de aplicação por bomba estacionária / bomba-lança, como demonstram as pesquisas a seguir:

- Em pesquisa realizada com 457 construtoras brasileiras, 50,4% delas afirmaram conceber suas edificações em estrutura reticulada de concreto armado (ERCA), seguido por alvenaria estrutural e paredes de concreto (TANIGUTI, 2014), sendo que em todas elas, em menor ou maior quantidade, o concreto está presente (Figura 2). Seu uso em estruturas reticuladas de concreto armado está inserido na etapa de concretagem, a qual, junto com a montagem das fôrmas e armação, compõe as macro atividades de execução da estrutura;

Figura 2 – Percentual de adoção dos sistemas estruturais em 2013 (escuro) e pretensão para 2017 (claro)

Fonte: Adaptado de Taniguti (2014).

- Em pesquisa realizada com 128 construtoras brasileiras sobre qual forma de produção do concreto adotam, 73% afirmou comprar concreto de centrais fornecedoras, cuja produção anual nacional estimada em 2014 era de aproximadamente 51,8 milhões de m³ (TANIGUTI, 2015). Embora existam dois tipos de centrais de concreto – dosadora e misturadora – a dosadora, que tem os materiais dosados e depositados nos caminhões sem mistura prévia e faz a mistura no próprio caminhão – parte na central e parte na obra – é a mais utilizada no Brasil, passando a ser amplamente adotada em edificações devido ao porte e complexidade crescentes, além da necessidade de obras mais rápidas;
- Quanto à forma de transporte, em pesquisa com 35 construtoras na cidade de São Paulo e um total de 207 obras, Freire (2001) constatou que 80,7% das obras utilizavam concreto bombeado; o que é um forte indício da relevância dessa forma de transporte, embora não se tenha dados de sua adoção a nível nacional. Em geral, “em obras de maior porte, o bombeamento é o método que vem sendo mais solicitado, por apresentar maior agilidade e produtividade da mão de obra quando comparado com os demais” (REGATTIERI; MARANHÃO, 2011).

Nesse contexto, a estrutura representa cerca de 20% dos custos de construção de uma edificação (VARGAS, 2010) e se encontra no caminho crítico do cronograma de construção, tendo, portanto, grande influência sobre o custo e prazo da obra, além da qualidade de sua execução influenciar a qualidade e custo dos serviços subsequentes. Para estruturas de concreto armado, decompondo esse custo, estudos mostram que o material representa 20% desse total (CONCRETE SOCIETY, 1995; BUKHART, 1994), mas a forma como o concreto é fornecido, a produtividade das concretagens e as perdas do material podem impactar diretamente esses valores.

Apesar de amplamente utilizado e do alto impacto em custo, prazo e qualidade, estudos apontam grande variabilidade nos indicadores de produtividade de mão de obra de concretagens em edificações (ARAUJO, 2000; MELO; COSTA, 2016), indicando que ainda há margem para melhoria.

A mesma variabilidade se repete para a produtividade no consumo de material, mais especificamente as perdas, que impactam nos custos e na geração de resíduos pelas obras. Agopyan et al. (1998) chegaram a indicadores de perda de 3 a 23% com mediana de 9% e Souza e Paliari (2006) a valores de 4,8% a 11,7% com mediana de 5,5%.

Percebe-se não apenas a ineficiência no uso de recursos nas concretagens, mas também a estagnação dos canteiros de obras quanto à proposição de melhorias para alterar essa situação.

Tanto no caso da produtividade de material quanto da mão de obra, estudos apontam a influência do fornecimento de concreto e da relação entre fornecedor e construtora sobre as mesmas. Ao dividir as perdas de concreto em etapas para melhor caracterizar sua ocorrência, Souza et al. 1999 observaram que divergências entre o volume teoricamente necessário, o solicitado e o entregue representam 67% das perdas de concreto. Analisando a produtividade, estudos nacionais (FREIRE; SOUZA, 2000; FREIRE, 2001; DANTAS, 2006; MELO; COSTA, 2016) e internacionais (CHRISTIAN; HACHEY, 1995; ANSON; WANG, 1998; WANG; OFORI; TEO, 2001; GRAHAM; FORBES; SMITH, 2006; PARK et al., 2011; JARKAS, 2012) também destacam a influência do fornecimento e relacionamento entre os dois agentes. Contudo, ainda não se tem um estudo sobre produtividade e perdas das concretagens que foque especificamente nessa relação.

Estudos anteriores com temas relacionados a estruturas de concreto armado, concretagens, produtividade e relacionamento entre fornecedores e construtores sugerem:

- A "investigação do reflexo do desempenho dos fornecedores sobre a competitividade das empresas construtoras de edificações" (ISATTO, 1996);
- O estudo de indicadores de eficiência logística na produção de edifícios e de uso de tecnologias para melhorar a troca de informações entre a construtora e seus fornecedores (SILVA, 2000);
- O estudo da gestão de fornecedores de materiais e mão-de-obra na execução de estruturas e formas alternativas de contratação (FREIRE, 2001);
- A discussão de ações que visem o ganho de produtividade em concretagens em conjunto com os agentes envolvidos, com especial atenção ao relacionamento entre o fornecedor de concreto e a construtora (DANTAS, 2006).

Dada a importância dessa atividade na construção de uma edificação, a margem para melhoria da produtividade, as sugestões de estudos anteriores e a lacuna acadêmica existente, se apresenta nesta dissertação um estudo sobre a melhoria da produtividade e redução das perdas em concretagens com foco na relação entre a construtora e fornecedor de concreto.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Esta pesquisa está inserida no contexto da construção civil, mais especificamente no subsetor de edificações, com foco residencial, cuja importância e justificativa foram apresentadas no item anterior.

O uso do concreto é abordado especificamente no caso de estruturas reticuladas de concreto armado (ERCA), com fornecimento através de centrais dosadoras de concreto (CDC) e transporte por bombeamento, pela sua maior representatividade e por ser o conjunto de soluções mais adotado no caso de obras grandes e com maiores exigências de qualidade e velocidade.

Tal uso é avaliado sob o aspecto da produtividade em termos de duração do serviço e perdas de concreto para a construtora durante as concretagens, com foco nos fatores que as influenciam e que estão ligados à relação entre a construtora e o

fornecedor de concreto. A relação entre as empresas contempla, neste estudo, os momentos de interação direta entre fornecedor e construtora e atividades exercidas por uma das partes que influenciam direta ou indiretamente as atividades da outra.

O foco dado à análise da produtividade e perdas pelo lado da construtora se justifica pela extensão do estudo que a inclusão da análise criteriosa pelo lado do fornecedor representaria. No entanto, ao se avaliar a relação entre ambos de forma imparcial e com envolvimento das partes, buscando a otimização das concretagens, espera-se que as sugestões propostas tragam benefícios compartilhados.

1.3 OBJETIVOS

A seguir são apresentados o objetivo geral e objetivos específicos desta pesquisa.

1.3.1 Objetivo geral

- Propor sugestões para melhoria da produtividade e redução das perdas em concretagens através da análise do relacionamento entre fornecedor e construtora.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar e caracterizar as etapas do processo de fornecimento de concreto, do primeiro ao último contato entre fornecedor e construtora, e entender como eles se relacionam em cada uma;
- Identificar a influência do relacionamento entre as empresas e dos principais problemas que derivam dele na produtividade das concretagens, em termos de duração de concretagem e das perdas de concreto, em cada uma das etapas do processo de fornecimento de concreto caracterizado;
- Caracterizar e utilizar as abordagens do Estudo de Caso e Design Thinking como forma de entendimento e proposição de melhorias às concretagens.

1.4 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados a caracterização da pesquisa, além do método e instrumentos adotados para o desenvolvimento do trabalho e atingimento dos objetivos da pesquisa.

1.4.1 Caracterização da pesquisa

Esta pesquisa foi conduzida dentro do programa de mestrado profissional Construinova da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que visa à “utilização aplicada dos conhecimentos acadêmicos no exercício da inovação, em clara associação com a experiência profissional”, para a superação de entraves do setor¹, dentro do eixo de pesquisa Tecnologia e Gestão da Produção cujas contribuições esperadas são:

[i] incremento da qualidade e aumento da produtividade; desenvolvimento de políticas públicas, normas, procedimentos e referenciais técnicos; [ii] – aprofundamento da temática da gestão com base em indicadores, que subsidiem a tomada de decisões nas diferentes etapas da produção; da temática do planejamento, organização e gestão da produção; aumento da sustentabilidade da produção, com canteiros de obras mais sustentáveis; e [iii] racionalização de processos construtivos, sua evolução tecnológica e melhoria do desempenho dos sistemas resultantes; desenvolvimento de novas tecnologias construtivas².

A pesquisa aborda a eficiência das concretagens quanto a sua produtividade e perdas de concreto, com foco na relação entre construtora e o fornecedor, mais especificamente na relação entre a construtora em que o pesquisador trabalha e um dos principais fornecedores de concreto com que a construtora tem relação e, conforme descrito nos objetivos, atende às expectativas do eixo de pesquisa em que se insere.

A escolha de um único fornecedor e de uma única construtora para a pesquisa possibilitou um aprofundamento maior do entendimento da relação entre ambos, além de permitir o uso de duas abordagens diferentes para o entendimento dessa relação (Estudo de Caso e Design Thinking).

Inserida também dentro do âmbito científico, a pesquisa pode ser classificada quanto a sua natureza, sua abordagem, seu objetivo e seus procedimentos (GIL, 2008; LAKATOS; MARCONI, 2003; GERHARDT; SILVEIRA, 2009) como forma de auxiliar sua estruturação pelo pesquisador e a interpretação pelos leitores:

¹ Informações disponíveis no site do programa: <https://sites.usp.br/construinova/institucional/apresentacao/>. Acesso em Dez. 2017.

² Informações disponíveis no site do programa: <https://sites.usp.br/construinova/institucional/sobre-pro-reitoria/>. Acesso em Dez. 2017.

- Natureza: aplicada, por buscar aplicação prática de conhecimentos voltada a solução de problemas específicos;
- Abordagem: principalmente qualitativa para entendimento da relação entre as empresas no EC e DT e quantitativa com algumas fontes de evidência no EC;
- Objetivo: exploratória por buscar proporcionar maior familiaridade com a relação entre as empresas e visar a melhoria da produtividade de um processo.

1.4.2 Método

Conforme mencionado, foram adotadas duas abordagens para atingimento dos objetivos da pesquisa: EC e DT.

O EC foi escolhido, dentre outros procedimentos de pesquisa disponíveis, por ter uma vantagem distinta quando se pretende responder a questões do tipo “como” ou “por que” inseridas dentro de um contexto contemporâneo; poder trabalhar com uma grande variedade de fontes de informação, sejam elas qualitativas ou quantitativas (YIN, 2001); e ser um procedimento comumente adotado em pesquisas exploratórias (GIL, 2008).

O DT, que pode ser definido como uma abordagem multidisciplinar voltada para a resolução de problemas, apoiada em empatia, colaboração e experimentação sob a lente das pessoas (aquilo que é desejado), das tecnologias disponíveis (aquilo que é possível) e dos negócios (aquilo que é rentável)³, foi escolhido por ser uma maneira proeminente de inovar e solucionar problemas complexos que exigem um pensamento diferente do que aquele que o criou (VIANNA et al. 2017), por estar alinhado com as recomendações apresentadas na introdução sobre inovação com foco no cliente e uso de equipes multidisciplinares, além de já ter sido utilizado duas vezes pela empresa em que o pesquisador trabalha na criação de soluções de engenharia e ter aplicabilidade e capacidade de entrega reconhecidas pela mesma.

Para conseguir extrair o máximo de ambas abordagens e avaliar criticamente os resultados, é preciso ter um conhecimento profundo das questões que se quer abordar. Por isso, a primeira etapa da pesquisa foi uma pesquisa bibliográfica, na qual buscaram-se trabalhos com temas relacionados principalmente a produtividade, perdas e concretagens, além de referências sobre execução de estrutura em concreto

³ Conceito apresentado no curso “Inovação e Design Thinking” realizado pelo pesquisador na Escola Superior de Propaganda e Marketing (ESPM) entre 22 e 31 de Janeiro de 2018.

armado e relacionamento entre fornecedor e construtora dentro desses temas. Os documentos consultados foram teses e dissertações nacionais, artigos nacionais publicados nos principais eventos científicos relacionados a gestão da construção (ex.: SIBRAGEC⁴, ENTAC⁵, entre outros), artigos internacionais da base de dados Capes das principais publicações que tratam desses assuntos, relatórios e outros documentos produzidos por entidades particulares ou públicas de relevância para a pesquisa. Embora não se tenha adotado uma forma sistemática de pesquisa dessas referências, procurou-se manter um padrão de busca com palavras chaves relacionadas aos temas citados.

O EC e o DT foram desenvolvidos em paralelo após o término da pesquisa bibliográfica e contam com a participação de membros da construtora, do fornecedor de concreto e de outros agentes envolvidos no fornecimento de concreto, além de especialistas no assunto. São utilizados diversos instrumentos que se complementam para formar uma visão detalhada do fornecimento de concreto e da relação entre os agentes para identificar sua influência sobre a produtividade das concretagens quanto a duração e perdas de concreto.

A partir das constatações do EC, foram propostas sugestões para melhoria da produtividade de concretagens com base na interpretação do pesquisador sobre esses resultados. O DT contribuiu com essa análise ao conduzir uma forma diferente de abordar os objetivos da pesquisa e os momentos de interações, além de propor sugestões pensadas em conjunto pela construtora, fornecedor, demais agentes e o pesquisador.

Ao final dos procedimentos, as sugestões vindas de cada abordagem são classificadas e comparadas quanto aos seus pontos fortes e fracos.

A pesquisa se encerra com uma análise crítica dos procedimentos adotados, seus resultados, atingimento dos objetivos propostos e contribuições da pesquisa.

Mais detalhes sobre as abordagens e os instrumentos utilizados em cada uma delas estão nos itens 5 e 6. Na Figura 3 a seguir, é apresentado um fluxograma do método descrito.

⁴ Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção

⁵ Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Figura 3 – Fluxograma do método de pesquisa

Fonte: elaborado pelo autor.

1.5 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho se inicia pela pesquisa bibliográfica, a qual aborda primeiramente a caracterização da concretagem em ERCA no capítulo 2, passando para a caracterização das concretagens e análise do relacionamento entre fornecedor e construtora dentro desse contexto, já descrito em bibliografia.

No capítulo 3, são apresentados os principais conceitos relacionados a produtividade e produtividade nas concretagens, assim como fatores influenciadores e sugestões de melhoria já identificados em literatura. O capítulo se encerra com uma discussão sobre o relacionamento entre fornecedor e construtora e a produtividade das concretagens, com base no material apresentado.

De forma similar, no capítulo 4, são apresentados os principais conceitos relacionados a perdas e perdas nas concretagens, assim como fatores influenciadores e sugestões de melhoria já identificados em literatura. O capítulo se encerra com uma discussão sobre o relacionamento entre fornecedor e construtora e a perda das concretagens, com base no material apresentado.

No capítulo 5, são apresentados a preparação, o desenvolvimento e os resultados do Estudo de Caso e no capítulo 6, do Design Thinking.

No capítulo 7, são apresentadas as sugestões propostas através do EC e do DT, finalizando no capítulo 8 com as considerações finais do trabalho e sugestões para futuros trabalhos.

2 CONCRETAGEM DE ERCA COM CDC BOMBEADO

Para conseguir mapear as etapas em que o fornecedor e a construtora se relacionam no processo de fornecimento de concreto, é preciso entender o contexto em que as concretagens estão inseridas, tanto pelo lado da construtora quanto do fornecedor.

Neste capítulo são apresentados o ciclo de execução de uma ERCA de um edifício com CDC bombeado, os momentos em que as concretagens ocorrem dentro desse ciclo e as etapas que compõe a concretagem, avaliadas pela ótica do fornecedor e da construtora a partir de referências bibliográficas. O capítulo se encerra com uma reflexão inicial sobre o relacionamento entre essas empresas a partir das informações identificadas nessas etapas.

2.1 A ERCA

A estrutura de um edifício pode ser dividida em superestrutura, que se refere aos elementos estruturais acima da fundação, responsável por suportar as cargas permanentes e acidentais do edifício, e infraestrutura, composta pelos elementos de fundação que transmitem esses esforços ao solo (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Conforme Barros e Melhado (1998), as superestruturas de edifícios podem ser classificadas quanto à sua concepção estrutural, à intensidade de emprego e aos materiais que as constituem.

Quanto à concepção estrutural, podem ser do tipo reticulada (compostas por lajes, vigas e pilares que se conectam para a transmissão dos esforços da edificação), de elementos planos, cascas, especiais, pneumáticas, boxes, entre outros.

Quanto à intensidade do emprego, podem ser classificadas como tradicionais e não tradicionais, dependendo da frequência do seu uso em determinada região. Conforme apresentado na Figura 1, a ERCA é o sistema estrutural mais utilizado em edificações no país, sendo, por isso, denominada “estrutura convencional” ou “estrutura convencional de concreto armado”. Dentre os motivos para essa ampla utilização, além dos motivos já apresentados em 1.1.2, tem-se (MEHTA; MONTEIRO, 2008):

- A boa durabilidade e resistência à água do concreto faz com que ele proteja o aço contra a oxidação;

- O aço e o concreto possuem boa aderência em sua interface;
- O concreto, apesar de ser um material facilmente acessível, tem limitações quanto a algumas propriedades mecânicas, as quais são supridas pelo aço: baixa resistência a tração e ruptura frágil do concreto;
- O concreto e o aço têm coeficientes de dilatação térmicas próximos, permitindo que trabalhem juntos sob variação da temperatura.

A ERCA também pode ser classificada quanto à forma de produção dos elementos de concreto e quanto à função da armadura nesses elementos.

Quanto à forma de produção dos elementos, as estruturas podem ser divididas em: estruturas moldadas “*in loco*” ou “no local”; estruturas pré-moldadas e estruturas pré-fabricadas. Nas estruturas moldadas no local, o sistema de fôrmas é montado na posição definitiva dos elementos na estrutura e tem a função de: dar forma aos elementos estruturais; conter o concreto fresco e suporta-lo até que ele endureça e atinja a resistência necessária para se auto suportar; e proporcionar o padrão de acabamento desejado às superfícies dos elementos (BARROS E MELHADO; 1998). Já nas estruturas pré-moldadas e pré-fabricadas os elementos estruturais são produzidos em fôrmas no canteiro, no caso de pré-moldadas, ou em fôrmas de fábricas fora do canteiro, no caso das pré-fabricadas, e transportados até sua posição final na estrutura após atingirem a resistência necessária. Existem diferenças significativas nas operações de concretagens entre essas formas de produção dos elementos (ex.: interferências, transporte do concreto, ciclo de concretagem, equipamentos, entre outros), sendo importante ressaltar que o foco desta pesquisa é a estrutura moldada *in loco*.

Quanto à função da armadura, as estruturas podem ser divididas em: armação passiva, comumente denominada de concreto armado; e em armação ativa, denominada de concreto protendido. Na maioria dos casos em que se utilizam armaduras ativas também são utilizadas armaduras passivas, as quais se complementam quanto às funções desempenhadas, não havendo grandes diferenças na condução de concretagens ao se utilizarem apenas armaduras passivas ou ambas. Contudo, nas etapas anteriores e posteriores à concretagem, existem atividades e controles feitos na armação ativa que não fazem parte da execução de uma estrutura com armadura passiva. Portanto, as considerações e análise feitas nos itens seguintes são válidas para armaduras passivas.

Quanto à fôrma utilizada, Freire (2001) divide os sistemas de fôrma disponíveis para estruturas reticuladas em concreto armado, sejam de elementos verticais (pilares e paredes) ou horizontais (vigas e lajes), em: modulares e tramados.

Os modulares são compostos por painéis de dimensões padronizadas, podendo ser de chapas metálicas, de madeira compensada ou de plástico com estruturação metálica ou plástica, os quais são conectados através de grampos ou clips e sustentados por escoramentos metálicos. Embora tenha limitações quanto a dimensões e talvez exija adaptações no projeto, é um sistema que oferece grande potencial de racionalização da mão-de-obra e do concreto.

Os tramados são os mais utilizados no país e são constituídos por painéis de chapa de madeira compensada, cujas dimensões variam em função da dimensão dos elementos estruturais da ERCA, podendo ser feitas na obra ou fabricadas por encomenda. A estruturação dos painéis e a sustentação de lajes e vigas combinam elementos metálicos e de madeira. Apesar de ser um sistema versátil e bastante conhecido, está associado a baixa racionalização, com maior uso de mão-de-obra e perda de concreto.

Dado que há diferenças significativas na sequência de montagem dos sistemas, na racionalização do processo e na concretagem, é preciso fazer distinção entre os sistemas considerados no trabalho. As considerações feitas e análise das etapas antes, durante e após as concretagens, neste trabalho, são válidas para o sistema tramado.

Portanto, nos itens a seguir, complementando as delimitações do tema apresentadas anteriormente, serão apresentados conceitos relacionados a estruturas reticuladas de concreto armado (ERCA) moldadas no local, com armação passiva e sistema de fôrmas tramado.

2.2 A EXECUÇÃO DA ERCA

As atividades de execução da ERCA de um edifício podem ser sequenciadas conforme Barros e Melhado (1998) em que as formas, armações e concretagens são feitas nessa sequência, iniciando-se pelos pilares e, em seguida, lajes e vigas:

- Montagem das fôrmas e armadura dos pilares;
- Conferência e liberação das fôrmas e armaduras dos pilares;
- Montagem das fôrmas de vigas e lajes;

- Conferência e liberação preliminar das fôrmas de vigas e lajes;
- Concretagem dos pilares;
- Montagem da armadura de vigas e lajes;
- Conferência e liberação das fôrmas de viga e lajes;
- Concretagem de vigas e lajes;
- Desforma;
- Reinício do ciclo.

Freire (2001) apresenta a execução das atividades do ciclo no tempo, considerando a estrutura reticulada de concreto armado de um edifício de médio porte, com uso de concreto dosado em central, transporte por bombeamento, armação passiva e sistema de fôrmas tramadas, que coincide com a delimitação deste estudo. Cada ciclo de execução de um pavimento tem a duração teórica de uma semana, com 5 dias trabalhados:

- 1º dia: transferência dos eixos de projeto para o pavimento e locação e montagem das fôrmas e armação dos pilares;
- 2º dia: montagem, suporte e travamento das fôrmas de viga e das lajes;
- 3º dia: montagem do assoalho das lajes, travamento dos pilares e concretagem dos mesmos até o fundo das vigas;
- 4º dia: montagem das armaduras das vigas e lajes e locação e distribuição dos embutidos de laje e viga (passagens, caixinhas elétricas, eletrodutos);
- 5º dia: finalização das armaduras das lajes e da distribuição dos embutidos e concretagem das vigas e lajes.

2.3 A EXECUÇÃO DA CONCRETAGEM

A concretagem é definida por uma série de autores como uma sucessão de etapas, as quais variam em função de cada definição, mas que invariavelmente contém a etapa de aplicação do concreto no molde do elemento estrutural em execução, que, por sua vez, compreende as subetapas de lançamento, adensamento, nivelamento, acabamento e cura (Tabela 1). Todas serão exploradas nas seções seguintes sob o ponto de vista da construtora e do fornecedor de concreto.

Tabela 1 – Etapas de execução da concretagem (da esquerda para a direita)

1)			CONTROLE DE RECEBIMENTO	CONTROLE DE ACEITAÇÃO		APLICAÇÃO	
2)			CONTROLE DE RECEBIMENTO		TRANSPORTE	APLICAÇÃO	
3)		PREPARAÇÃO			TRANSPORTE	APLICAÇÃO	
4)	PEDIDO	PRODUÇÃO	CONTROLE DE RECEBIMENTO	CONTROLE DE ACEITAÇÃO		APLICAÇÃO	RETORNO DO VEÍCULO
5)	PEDIDO	PRODUÇÃO	CONTROLE DE RECEBIMENTO	CONTROLE DE ACEITAÇÃO		APLICAÇÃO	RETORNO DO VEÍCULO

1) ABNT NBR 14931 (2004);

2) Jarkas (2012); Freire (2001); Dantas (2006); Fachini (2005); Freire e Souza (2000);

3) Araújo (2000);

4) Moon e Yang (2010); Dunlop e Smith (2004);

5) Regattieri e Maranhão (2011).

Fonte: elaborado pelo autor.

2.3.1 Pedido

O pedido de concreto é tipo como a etapa mais anterior do fluxo de atividades que compõe a concretagem. Do ponto de vista da construtora, o pedido é composto pelas etapas de programação do pedido, de confirmação do pedido e de liberação do pedido.

Em todas as referências que tratam da programação das concretagens, é consenso a importância de se fazê-la com antecedência, pois quanto maior a antecedência, maior a chance de ser atendido no horário desejado. Os valores usualmente encontrados recomendam que a programação seja feita com antecedência mínima de 7 dias ou de 1 a 2 semanas (REGATTIERI; MARANHÃO, 2011; FREIRE, 2001).

A definição do momento em que ela será feita leva em conta essa antecedência, a qual pode variar em função de condições comerciais ou acordos com o fornecedor, e o cronograma da obra. Na programação, a construtora deve informar a data em que pretende realizar a concretagem, o volume de concreto desejado, horário previsto de início e término da concretagem, intervalo desejado entre os caminhões-betoneira, as características do concreto, os elementos que serão

concretados e a forma de transporte (REGATTIERI; MARANHÃO, 2011; FREIRE, 2001).

Da mesma forma que para a programação, a antecedência com que a confirmação do pedido deve ser feita não é unânime. Alguns estudos recomendam que ela seja feita 48 horas antes da data programada para concretagem; outros, que seja feita na véspera da concretagem. O objetivo da confirmação é repassar e confirmar com o fornecedor as informações enviadas na programação ou atualizá-las, se for o caso.

A liberação do pedido é feita no dia da concretagem pela obra, por telefone, à medida em que as condições para início do lançamento estejam garantidas e que os caminhões forem lançando seu concreto.

Do ponto de vista do fornecedor, sabe-se que as concreteiras buscam otimizar seus recursos, buscando utilizar toda a frota disponível durante as concretagens e, por isso, a antecedência na programação é importante (REGATTIERI; MARANHÃO, 2011). Essas informações são repassadas à central responsável pelo atendimento da obra no dia da concretagem, a qual também gerencia as liberações dos pedidos.

2.3.2 Produção

Como demonstrado no item 1.1.2, nas centrais dosadoras, os materiais são dosados e depositados nos balões dos caminhões-betoneira, sem uma mistura prévia, e a mistura ocorre no próprio caminhão, parte na central e parte na obra.

Algumas das vantagens da utilização do concreto dosado em central em relação ao dosado no canteiro são: a velocidade da produção de concreto; a racionalização dos canteiros de obra por não precisar de espaço para sua dosagem (bacias de materiais e betoneira, por exemplo); flexibilidade para construção, dada a capacidade das centrais de produzir diversos traços; qualidade, graças ao controle das matérias primas, das dosagens e de indicadores da produção; economia, pela racionalização dos insumos utilizados; e suporte técnico para desenvolvimento de concretos específicos e para eventual ocorrência de problemas de qualidade (FREIRE, 2001). Apesar de um dos motivos pela compra de concreto em centrais dosadoras ser a velocidade de fornecimento, Regattieri e Maranhão (2001) destacam que o desempenho do fornecimento depende da “assertividade das programações

realizadas pelas obras (relação entre volume programado e entregue), visto que está na otimização dos seus recursos o ganho de escala característico das centrais".

A velocidade de carregamento dos caminhões e desvios na dosagem dos materiais também variam em função da forma como são dosados, existindo centrais manuais e centrais totalmente automatizadas, com ciclos de carregamento dos caminhões inferiores a 5 minutos (REGATTIERI; MARANHÃO, 2011).

A produção de concreto dosado em central é regida pela ABNT NBR 7212 (2012), a qual estabelece requisitos para a produção do concreto e estabelece desvios máximos de dosagem de cada componente do concreto (Tabela 2).

Tabela 2 – Limites de variação de dosagem dos componentes do concreto

Componente	Desvio tolerado
Agregados	O mais restritivo entre: <ul style="list-style-type: none"> • $\pm 3\%$ em relação à massa nominal do traço • $\pm 1\%$ da capacidade nominal da balança de agregados
Cimento	Dosagens $\geq 30\%$ da capacidade nominal da balança de cimento: <ul style="list-style-type: none"> • $\pm 1\%$ da capacidade da balança Dosagens $< 30\%$ da capacidade nominal da balança de cimento: <ul style="list-style-type: none"> • $+4\%$ em relação à massa nominal do traço
Água	3% em relação ao volume nominal indicado no traço
Aditivo	5% em relação ao volume nominal indicado no traço

Fonte: adaptado de ABNT NBR 7212 (2012).

Além desses limites, para que o controle se mantenha, são definidas frequências de calibração de balança de agregados e cimento, bem como de dosadores volumétricos de água e aditivos.

Recomenda-se a calibração periódica de dosadores volumétricos de água e aditivos, sem especificar o intervalo entre elas, de forma a se manter uma diferença entre o volume medido e o real de no máximo 2%. Quanto às balanças, a frequência depende do tipo de balança. Se a central utilizar células de carga, a calibração deve ser feita no máximo a cada seis meses; se for com transmissão mecânica, a cada três meses.

A produção do concreto pela central inicia quando entra no sistema de gerenciamento da balança dosadora de materiais uma ordem de serviço com pedido de concreto programado por uma das obras atendidas. Essa ordem de serviço aparece mediante a liberação por parte da obra. O operador da balança então determina o caminhão que será designado para essa viagem e informa o motorista

para que o mesmo se dirija ao ponto de carga (REGATTIERI; MARANHÃO, 2011; FREIRE, 2001).

2.3.3 Preparação

Essa etapa envolve a preparação anterior à concretagem, por parte da construtora e do fornecedor, e tem forte relação com o ciclo de execução da ERCA e com a logística da concretagem.

Conforme ciclo apresentado por Freire (2001) mencionado na seção 2.2, as concretagens se dão em dois momentos: concretagem de pilares ao 3º dia e de lajes e vigas no 5º. Para a realização da concretagem dos pilares no 3º dia, além da armação do pilar estar pronta e suas fôrmas travadas e corretamente posicionadas, as fôrmas de lajes e vigas já devem estar montadas e conferidas para tanto facilitar o acesso para concretagem quando balizar o próprio controle de posicionamento do pilar. Já para a realização da concretagem de vigas e lajes no 5º dia, é preciso, além de montar, conferir e limpar as fôrmas e armaduras das vigas e lajes, instalar os embutidos de sistemas prediais.

De forma complementar, a ABESC (2007) e a ABNT NBR 14931 (2004) instruem atividades preparatórias relacionadas à conferência das fôrmas e armações, além de aspectos logísticos para antes do início da concretagem (Tabela 3).

Tabela 3 – Preparativos para a concretagem

Grupo	ABESC (2017)	ABNT NBR 14931 (2004)
Fôrmas	<p>Checar se dimensões das fôrmas estão conforme projeto.</p> <p>Verificar capacidade de suporte e deformação das fôrmas para o peso da operação de concretagem.</p> <p>Verificar a estanqueidade da fôrma.</p> <p>Limpar e aplicar desmoldante nas fôrmas.</p>	<p>Conferir dimensão e posição das fôrmas (nivelamento e prumo).</p> <p>Conferir posição e condições estruturais do escoramento para que as posições das fôrmas sejam mantidas durante a concretagem.</p> <p>Limpar fôrmas e verificar condição de estanqueidade nas juntas.</p> <p>Saturar as fôrmas ou aplicar desmoldante, dependendo do caso.</p>
Armadura	<p>Conferir bitolas, quantidade, dimensão e posicionamento da armadura.</p> <p>Verificar se o cobrimento da armadura especificado em projeto está sendo atendido.</p> <p>Limpar a armadura para garantir a aderência do concreto.</p>	<p>Verificar a montagem, posicionamento e cobrimento das armaduras.</p> <p>Limpar a armadura.</p>
Logística	<p>Dimensionar a equipe envolvida.</p> <p>Planejar paradas de concreto em pontos de descontinuidade das fôrmas.</p>	<p>Verificar condições operacionais dos equipamentos e se estão em quantidade adequada para a operação.</p>

	Providenciar equipamentos e ferramentas auxiliares em quantidade adequada, além de vibradores e mangotes reservas para eventual necessidade. Disponibilizar energia para equipamentos elétricos. Facilitar o acesso dos caminhões betoneira.	Dimensionar e treinar equipe para a operação. Providenciar acesso desimpedido e com terreno firme até o ponto de descarga para o caminhão betoneira. Facilitar a circulação dos caminhões no canteiro para troca do caminhão betoneira vazio pelo seguinte. Para concreto bombeado, prever local próximo ao ponto de descarga para que os caminhões betoneira seguintes aguardem seu momento de descarregar.
--	--	---

Fonte: adaptado de ABESC (2007) e ABNT NBR 14931 (2004)

Outro aspecto importante do preparativo para a concretagem é a definição do plano de concretagem que, segundo Thomaz (2005) e ABNT NBR 14931 (2004), contempla definições quanto ao:

- Forma de recebimento e liberação do concreto dos caminhões;
- Forma de controle tecnológico do concreto;
- Local de descarga do concreto;
- Local de início e sequência da concretagem;
- Local de posição das taliscas e mestras para controle de nível, no caso de lajes e vigas;
- Previsão de acesso e saída da equipe e equipamentos, com rampas e passarelas, se necessário;
- A adequação do volume que se deseja concretar ao tempo de trabalho, equipe e equipamentos disponíveis;
- A adequação entre a velocidade de lançamento, adensamento e acabamento do concreto para que não se tenha junta fria por demora no lançamento e nem sobrecarga da fôrma por excesso de concreto não espalhado;
- Definição do acabamento final que se deseja obter.

Com todos os preparativos executados corretamente e o plano de concretagem definido, os elementos estão prontos para serem concretados.

2.3.4 Controle de recebimento

Segundo a ABNT NBR 12655 (2015), o controle do recebimento do concreto consiste em verificar se as propriedades do concreto no estado fresco e a documentação de entrega estão de acordo com o pedido. Ele se inicia com a chegada

do caminhão betoneira na obra e seu recebimento pelo responsável definido no plano da concretagem na etapa de preparação.

O responsável deve conferir (ABESC, 2007; FREIRE, 2001; ABNT NBR 12655, 2015):

- Se o lacre do caminhão betoneira está íntegro e se sua numeração é a mesma da indicada na nota fiscal;
- Se as especificações presentes na nota fiscal estão de acordo com o solicitado (dados da obra, volume de concreto, resistência à compressão, módulo de deformação, consistência, tipo de brita, concentração de cimento, dentre outros);
- Se o tempo de transporte do caminhão, calculado entre o horário de saída do caminhão da central e chegada na obra, é inferior a 90 minutos, conforme estabelecido pela ABNT NBR 7212 (2012);
- Se a consistência do concreto de todos os caminhões está dentro dos limites do valor solicitado, para o caso de concreto que não seja autoadensável;
- Se a água adicionada ao caminhão betoneira pelo motorista está dentro do limite informado na nota fiscal, caso seja necessário ajustar a consistência do concreto para o lançamento;
- Se foi adicionado aditivo na obra, caso previsto no traço;
- Se todo o volume de concreto programado para o dia foi entregue, com base nos valores informados em cada nota fiscal.

A medição da consistência do concreto, através do abatimento do tronco de cone, popularmente conhecida como “slump”, é feita conforme ABNT NBR NM 67 (1998) a partir de amostra coletada conforme ABNT NBR NM 33⁶ (1998), próxima ao momento de descarga do caminhão, e deve ser preferencialmente realizada por laboratório de controle tecnológico acreditado por órgão regulador nacional para a

⁶ A ABNT NBR NM 33 (1998) especifica que a amostra de concreto deve ter no mínimo 30 litros e ser coletada entre 15% e 85% do volume de concreto do caminhão betoneira, popularmente denominado de “terço médio”, embora represente mais do que um terço do volume do caminhão. No entanto, dado que a medição do slump faz parte do controle de recebimento do concreto, existem outras recomendações alternativas: Tango (2005 – livro de concreto) reconhece que o volume mais representativo seria o próximo ao meio da descarga, contudo recomenda a medição do slump no início da descarga; ABESC (2007) recomenda que a amostra seja coletada depois de se descarregar 0,5m³ de concreto do caminhão.

realização do ensaio. Segundo Guimarães (2005), desvios do slump medido em relação ao solicitado podem ser devido a alterações no consumo de água, de cimento, de aditivo ou nas características do agregado. Caso a correção do slump possa ser feita com água, a quantidade adicionada deve respeitar o valor limite informado na nota fiscal de entrega do concreto e o concreto deve ser misturado novamente no caminhão betoneira por ao menos 60 segundos (ABESC, 2007).

Caso se detecte desvios nas especificações do concreto, no tempo de transporte do caminhão-betoneira entre a saída da central e chegada na obra ou não seja possível corrigir o slump (exemplo: slump maior que o solicitado ou que não atinge a faixa desejada mesmo com as correções), o caminhão pode ser rejeitado pela construtora. Isso afeta tanto a construtora, que precisará esperar a chegada do próximo caminhão, quanto o fornecedor, que perderá uma entrega de concreto e terá que arcar os custos de descarte do concreto que retornou.

Desvios no volume de concreto entregue são mais difíceis de serem notados pelas notas fiscais, mas podem ser verificados, de forma alternativa, conforme sugestões da ABNT NBR 7212 (2012):

- A partir das massas totais de cada entrega e do valor da massa específica do concreto, determinada conforme ABNT NBR 9833 (2008), para conversão da massa total em volume;
- A partir da massa de cada componente do concreto e do valor da massa específica de cada um⁷ para conversão em volume, somando-se o volume de ar incorporado, determinado pela ABNT NBR 9833 (2008);
- Por medição direta, através do lançamento e adensamento do concreto em recipientes de volume conhecido;
- Pela medição e cálculo do volume das fôrmas onde o concreto foi lançado.

2.3.5 Controle de aceitação

O controle de aceitação compreende o controle das propriedades mecânicas do concreto no estado endurecido, entre elas: resistência à compressão, à tração e módulo de rigidez. As propriedades que serão controladas e as idades de ensaio dependem de considerações a respeito da execução da estrutura e dos cálculos

⁷ É a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluindo-se os vazios, conforme ABNT NBR NM 52 (2009).

realizados pelo projetista estrutural, as quais são repassadas pela construtora ao fornecedor na etapa de pedido.

Para casos usuais, a aceitação é feita com base na resistência à compressão, com corpos de provas moldados a partir de amostras de concreto de lotes representativos da estrutura ou de cada caminhão fornecido (ABNT NBR 12655, 2015; Tango, 2005).

A amostragem coletada para a moldagem é diferente da para a medição do slump e é feita durante a descarga do concreto, conforme ABNT NBR NM 33 (1998). Os corpos de prova são moldados conforme ABNT NBR 5738 (2015) e ensaiados conforme ABNT NBR 5739 (2018) também por laboratório de controle tecnológico acreditado por órgão regulador nacional para realização dessas duas etapas.

Para se ter a rastreabilidade do resultado dos corpos de prova moldados, é responsabilidade da construtora mapear o local do elemento estrutural em que o concreto de cada caminhão betoneira foi lançado durante a etapa de aplicação (Figura 4) de maneira inequívoca, conforme ABNT NBR 14931 (2004). Desta forma, em caso de não conformidade em alguma propriedade mecânica do concreto, será possível identificar o local em que ele foi lançado e tomar medidas corretivas.

Figura 4 – Mapeamento do concreto aplicado

Figura 3.3.12 – a) Planta esquemática de uma laje; b) Mapa de concretagem com indicação do local de lançamento de cada caminhão-betoneira.

Fonte: Freire (2001).

Em paralelo, o fornecedor também realiza sua moldagem a partir da mesma amostra e com frequência no mínimo igual a cada 50m³ de cada traço de concreto

fornecido para controle de seu processo de dosagem (ABNT NBR 7212, 2012), aplicando-se também as ABNT NBR 5738 (2015) e ABNT NBR 5739 (2018).

2.3.6 Transporte do concreto

O transporte do concreto na obra ocorre do ponto de descarga do caminhão betoneira até o elemento que será concretado e a escolha do tipo de transporte depende do volume que será concretado, do cronograma de execução da concretagem, das condições do canteiro e da disponibilidade de equipe e equipamentos (REGATTIERI, MARANHÃO; 2011).

Apesar de implicar em um custo adicional, a solução de bombeamento é bastante utilizada, como demonstrado por Freire (2001) e reforçado por Regattieri e Maranhão (2011) e Tango (2005) para os casos de obras de grande porte devido à maior velocidade de transporte em relação às demais alternativas e por permitir o transporte do concreto do caminhão betoneira direto para o elemento concretado.

A solução de bombeamento é composta: pela bomba, que contém pistões e válvulas de ação sincronizada que empurram o concreto; por tubulações rígidas de aço por onde o concreto passa; e um trecho final de tubulação flexível para facilitar o lançamento do concreto no elemento concretado.

Existem dois tipos principais de bombeamento:

- Bomba-lança ou auto-bomba com mastro acoplado, controlado por controle remoto;
- Bomba estacionária que não possui mastro de lançamento acoplado e se divide em:
 - Auto-bomba, quando acoplada a um caminhão;
 - Rebocada; quando não acoplada a um caminhão e que precisa ser transportada.

A bomba-lança requer cuidados específicos para sua estabilização e está limitada ao alcance do mastro, enquanto a bomba estacionária possui alcance maior, tem estabilização mais simples, mas necessita de montagem e desmontagem manual da tubulação, ou parte dela, a cada concretagem. Alguns modelos podem ser comparados na Tabela 4. Elas podem ser disponibilizadas pelo próprio fornecedor de

concreto, o qual é informado sobre a forma de transporte na etapa de pedido, ou por empresa especializada na locação desses equipamentos.

Tabela 4 – Comparação de modelos de auto-bombas e auto-bombas com mastro

Fornecedor	Tipo	Modelo	Rendimento máx. teórico (m³/h)	Alcance ⁸	
				Horizontal (m)	Vertical (m)
Schwing	Auto-bomba	SPL 500	35	350	100
Schwing	Auto-bomba	SPL 1000 GB	54	350	100
Schwing	Auto-bomba	SPL 2000 GB	51	300	80
Schwing	Auto-bomba	SPL 2000 GB	90	600	150
Schwing	Auto-bomba com mastro	S20	90	20	15,8
Schwing	Auto-bomba com mastro	S 32 X	96	31,86	27,86
Schwing	Auto-bomba com mastro	S 43 SX	140	42,3	38,1
Schwing	Auto-bomba com mastro	S 65 X	140	64,7	61,6

Fonte: elaborado pelo autor.

Para complementar a comparação, a Tabela 5 possui recomendações extraídas de Tango (2005), Regattieri e Maranhão (2011) e da ABNT NBR 14931 (2004) quanto a especificação e utilização de bombas-lança e estacionárias.

⁸ Além da capacidade do equipamento, o alcance também depende das características do traço (REGATTIERI, MARANHÃO; 2011).

Tabela 5 – Recomendações de utilização por modelo de bomba

Bomba-lança	Bomba estacionária	Ambos modelos
<p>Deve-se assegurar que o comprimento do mastro é suficiente para realizar toda a concretagem.</p> <p>O equipamento deve ficar a uma distância de 5m de qualquer linha elétrica.</p> <p>Manter distância segura de barrancos superior à profundidade do mesmo.</p>	<p>O lançamento deve se iniciar pelas áreas mais distantes do trecho concretado para que os segmentos rígidos da tubulação sejam removidos à medida que a concretagem avança.</p> <p>A conexão entre os tubos deve estar bem vedada e evitar vazamentos.</p> <p>“A tubulação horizontal deve ser travada na laje por cavaletes / suporte de madeira que evitem a sua movimentação durante o bombeamento e que mantenham a tubulação no mesmo nível ou na mesma queda de nível evitando que a tubulação fique torta em qualquer ponto da sua extensão” (REGATTIERI; MARANHÃO, 2011).</p> <p>“A tubulação vertical deve ser travada nas lajes, por onde passa, através de cunhas de madeira de tamanho apropriado ao furo da laje” (REGATTIERI; MARANHÃO, 2011).</p> <p>“A curva de transição ou cantoneira deve ser travada com calços de madeira e pontaletes, preferencialmente metálicos, com o objetivo de evitar qualquer movimentação, vertical ou horizontal, da cantoneira” (REGATTIERI; MARANHÃO, 2011).</p>	<p>“O concreto deve ser bem argamassado, e a dimensão máxima do agregado não deve exceder a 1/3 do diâmetro interno do tubo” (TANGO, 2005).</p> <p>O operador da bomba deve conseguir observar o ponto de lançamento do concreto ou então ter um assistente para isso.</p> <p>“Deve-se sempre usar mangueira flexível (mangote) na ponta dos tubos ou da lança, preferencialmente usando um apoio para direcionar o mangote (madeira, vergalhão, cabo de aço ou corda amarrada na extremidade)” (REGATTIERI; MARANHÃO, 2011).</p> <p>O concreto deve ser lançado bem próximo da peça a ser concretada, evitando a segregação do concreto devido à altura de queda.</p>

Fonte: adaptado de Tango (2005), Regattieri e Maranhão (2011) e da ABNT NBR 14931 (2004)

Percebe-se que a escolha do tipo de transporte é determinante para a produtividade das concretagens, influencia no índice de perdas da concretagem e possui preparativos específicos que devem ser alinhados entre fornecedor e construtora.

2.3.7 Aplicação

Como demonstrado anteriormente, muitos estudos dividem a etapa de aplicação do concreto em: lançamento, adensamento, nivelamento, acabamento e cura, descritas brevemente a seguir.

a) Lançamento

O lançamento, também associado ao espalhamento do concreto, é a disposição inicial do concreto nas fôrmas. Nessa etapa o objetivo não é nivelar o concreto, mas apenas distribuí-lo por todos os elementos para facilitar as próximas etapas (FREIRE, 2001). Enquanto o lançamento é feito pelo próprio equipamento de transporte, com auxílio da mão-de-obra, o espalhamento é feito pela mão-de-obra com uso de pás ou enxadas. Dependendo da velocidade da concretagem, pode ser que o espalhamento não seja necessário e que o próprio lançamento já seja capaz de distribuir bem o concreto nos elementos.

A ABNT NBR 14931 (2004) recomenda que:

- Tenha-se cuidado com o deslocamento das armaduras e fôrmas durante essa atividade para não prejudicar a precisão geométrica dos elementos e para que se respeitem as posições das barras de aço definidas em projeto;
- O concreto deve ser lançado em até 2,5 horas após a primeira mistura do concreto com água na central, com cuidado quanto à altura de lançamento para evitar a segregação entre a pasta de argamassa e as britas e, de preferência, o mais próximo possível da sua posição definitiva para não criar incrustações de argamassa de paredes nas fôrmas e armaduras que serão concretadas posteriormente e podem ter sua aderência com o concreto lançado prejudicada.

Thomaz (2005) complementa que, para início do lançamento, as fôrmas devem estar limpas e com aplicação de desmoldante, quando previsto.

b) Adensamento

Essa etapa serve para garantir total preenchimento das fôrmas dos elementos estruturais com concreto e melhorar a compactação e remover vazios do concreto, visando reduzir sua porosidade para garantir sua resistência e durabilidade.

O adensamento pode ser feito com vibradores de imersão, régua vibratória ou pilão, sendo mais usual o uso de vibradores (THOMAZ, 2005). Deve-se tomar cuidado durante o adensamento para não causar segregação dos materiais e não prejudicar a aderência da armação no concreto ao vibrá-la acidentalmente (FREIRE, 2001).

c) Nivelamento

No caso de lajes e vigas, o nivelamento é usualmente feito com um sarrafo apoiado em mestras que definem a espessura da laje. Nessa etapa, para a garantia da espessura das lajes, além do posicionamento correto das mestras, é preciso se assegurar que o assoalho da laje esteja nivelado antes do início da concretagem e que ele não se deforme durante sua execução (FREIRE, 2001).

No caso dos pilares, a atividade equivalente ao nivelamento é a conferência do prumo, a qual pode ser feita com fio de prumo ou “régua com nível bolha”. Da mesma forma que para lajes e vigas, o prumo dos pilares deve ser conferido antes e durante as concretagens (FREIRE, 2001).

A ABNT NBR 14931 (2004) estabelece tolerâncias máximas de variação dimensional para os pilares, vigas e lajes.

d) Acabamento

O acabamento é uma etapa aplicável às lajes e vigas e a forma de realizá-lo varia em função do padrão que se quer dar à superfície do concreto. Segundo Souza A. L. R. (1996), existem três padrões:

- Laje convencional: feitas sem controle efetivo de nivelamento e rugosidade superficial;
- Laje nivelada: controle do nivelamento para garantir espessura especificada em projeto do contrapiso que virá sobre a mesma;
- Laje acabada (“laje zero” ou “contrapiso zero”): laje nivelada e com rugosidade superficial que dispensa a execução de contrapiso.

O tipo de acabamento e a equipe, equipamentos e ferramentas necessários devem ser previstos na etapa de preparação.

e) Cura

A finalidade da cura é garantir que o concreto atinja a resistência e vida útil especificada em projeto através da manutenção de sua umidade e controle de sua temperatura, para garantir a hidratação do cimento e evitar a formação de fissuras. Ela pode ser feita com: represamento para criação de lâmina d’água sobre os

elementos; imersão dos elementos em água; aspersão de água; cobrimento dos elementos com revestimentos saturados de água; aplicação de filme impermeável sobre os elementos. Embora todos os elementos devessem ser curados até o atingimento de uma resistência maior ou igual a 15MPa (ABNT NBR 14931, 2004), ela é usualmente realizada apenas nas superfícies expostas de lajes e vigas e por um período de 7 dias.

2.3.8 Retorno do veículo

Após o término da concretagem, havendo sobras de concreto ou não no caminhão betoneira, o mesmo retorna à central dosadora para limpeza do balão do caminhão. Todo material que ainda restar no balão deve ser removido para que não haja mistura entre concreto de carregamentos diferentes. Finalizando a limpeza, o caminhão estará disponível para um novo carregamento.

2.4 RELACIONAMENTO FORNECEDOR E CONSTRUTORA

Pela análise da literatura, percebe-se que em todas as etapas existem interações entre fornecedor e construtora ou atividades que um exerce que influenciam na atividade do outro e têm consequências para a produtividade e perdas das concretagens. Um resumo das principais atividades identificadas na pesquisa bibliográfica está indicado na Tabela 6.

Tabela 6 – Interações e atividades que influenciam a produtividade e perdas identificadas em cada etapa

Etapas	Interação identificada
Pedido	<ul style="list-style-type: none"> • Momento da programação e confirmação pela construtora. • Cancelamento da programação pela construtora. • Programações além de sua capacidade pelo fornecedor, contando com os cancelamentos pelas construtoras.
Produção	<ul style="list-style-type: none"> • Parâmetros normativos de variação de dosagem dos materiais e controle de calibração das balanças para as centrais do fornecedor.
Preparação	<ul style="list-style-type: none"> • Momento do término dos preparativos para a concretagem, elaboração do plano de concretagem e definições logísticas de canteiro pela construtora.
Controle de recebimento	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de correção do slump dos caminhões e rejeição dos caminhões pela construtora. • Forma de controle do volume de concreto fornecido pela construtora, previsto em norma, demonstrando a importância desta atividade.
Controle de aceitação	<ul style="list-style-type: none"> • Desvio padrão da resistência à compressão do concreto produzido pelo fornecedor como um indicador do controle de sua produção.

Etapa	Interação identificada
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Escolha do tipo de transporte e cuidados e preparativos para sua utilização pela construtora e pelo fornecedor.
Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> • Controle geométrico das formas e tempo para lançamento pela construtora.
Adensamento	<ul style="list-style-type: none"> • Relação entre o volume de concreto adensado pela construtora e o volume de concreto entregue pelo fornecedor. O que a construtora contabiliza e quer receber é o volume de concreto adensado.
Nivelamento	<ul style="list-style-type: none"> • Controle do nivelamento do concreto pela construtora.
Acabamento	<ul style="list-style-type: none"> • Dependendo do tipo de acabamento definido pela construtora tem-se um tempo maior ou menor de trabalho após o término do lançamento do concreto e restrições de horário limite para término da concretagem.
Retorno do veículo	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilidade de sobras de concreto por excesso de concreto pedido pela construtora.

Fonte: elaborado pelo autor.

A partir desse diagnóstico inicial das principais atividades que compõem as concretagens e análise das interações entre fornecedor e construtora, parte-se, nos itens seguintes, para a investigação de como a produtividade e as perdas são influenciadas por essas atividades e se existem outras as que influenciam para balizar a proposição de melhorias nas etapas do EC e DT.

3 PRODUTIVIDADE NA CONCRETAGEM DE ERCA COM CDC BOMBEADO

Para conseguir avaliar criticamente o impacto das sugestões para melhoria da produtividade de concretagens, tendo como foco o relacionamento entre fornecedor e construtora, é importante que: se entenda como ela é medida, em seu conceito geral e específico; e quais sugestões de melhoria e fatores que a influenciam, ligados ao relacionamento entre as empresas, já foram identificados.

Nesse capítulo, primeiramente é apresentado o conceito de produtividade, passando em seguida para a produtividade de concretagens, fatores influenciadores e sugestões de melhoria, fechando com uma avaliação geral do material revisado e do papel do relacionamento entre as empresas com base na bibliografia consultada.

3.1 DEFINIÇÃO DE PRODUTIVIDADE

Souza (1996) define produtividade como a eficiência de um processo na transformação de entradas em saídas, a qual pode ser medida através de indicadores. Esses indicadores são calculados pela razão entre ambas e podem variar em função do que se define como entrada e saída, da combinação entre ambas e da abrangência considerada, conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Variações de indicadores de produtividade e exemplos

Variações	Exemplos das variações
Variação quanto à entrada	Podem ser: recursos físicos, como mão de obra, equipamentos e materiais; recursos financeiros; e recursos sociais, relacionados a esforços da sociedade.
Variação quanto à saída	Podem ser desde contagem de empreendimentos até as diversas medidas de produção utilizadas na construção (ex: m ³ , m ² , elementos, entre outros).
Variação quanto à combinação	Ao serem combinados, podem gerar indicadores para: análise econômica, como os apresentados nas seções 1.1.1 e 1.1.2; para análise de produção de serviços de obra; e para análise da atividade de outras áreas relacionadas à produção (LANTELME, 1994).
Variação quanto à abrangência	Podem ser avaliados: um indivíduo, uma equipe, a área de uma empresa, uma empresa, um setor econômico, uma nação, entre outros.

Fonte: elaborado pelo autor.

Do ponto de vista da produção, alguns dos indicadores de produtividade mais utilizados em estudos que abordam o tema produtividade na construção, visando melhorá-la, são os de materiais, equipamentos e mão de obra, geralmente medidos

em horas dedicadas de uso de equipamentos e mão de obra por unidade de serviço produzida ou por material consumido por unidade de serviço produzida (SOUZA, 2006; MINGIONE, 2016).

Segundo Souza (2006), a principal função dos indicadores de produtividade no contexto da produção em canteiros de obras é auxiliar os gestores nas tomadas de decisões relacionadas aos sistemas construtivos utilizados, à mão-de-obra empregada, ao fornecedor de material, à logística de canteiro, à adoção de inovações tecnológicas, entre outros. Os indicadores permitem tanto um diagnóstico da situação atual, através da medição da produtividade de um serviço e identificação dos fatores que o influenciam, quanto um prognóstico de uma situação futura, prevendo a produtividade de serviços com base em histórico de medições e conhecimento dos fatores influenciadores.

Diversos estudos realizados sobre medições de produtividade da mão-de-obra e determinação de fatores influenciadores se baseiam no Modelo dos Fatores (THOMAS; YIAKOUMIS, 1987), segundo o qual o trabalho de uma equipe de construção é influenciado por uma série de fatores que podem levar a distúrbios aleatórios ou sistêmicos nas produtividades medidas. Ao se acumular essas medições pela soma das horas trabalhadas de cada trabalhador na realização do serviço e dividi-las pela soma da quantidade de serviço executada no período de medição, chega-se a uma curva de produtividade real do serviço. Segundo os autores, se esses distúrbios puderem ser descontados matematicamente das medições de produtividade que geram a curva, chega-se a uma curva de produtividade ideal com um componente de aprendizagem pela repetição das atividades (Figura 5)

Thomas e Smith (1990) dividem esses fatores em dois grupos: os de contexto e os de conteúdo. Os de conteúdo estão relacionados a características físicas da atividade (ex.: características dos materiais, características do projeto) e os de contexto estão relacionados às condições de realização das atividades (condições climáticas, disponibilidade de materiais e equipamentos, organização do canteiro).

Figura 5 – Curva representativa do modelo dos fatores

Fonte: Thomas e Yiakoumis (1987).

O Modelo dos Fatores é válido para atividades de construção com uso intenso de mão-de-obra e foi inicialmente proposto para a produtividade da mão-de-obra (THOMAS; YIAKOUMIS, 1987). Contudo, visto que muitas das condições de produção que afetam a mão-de-obra também afetam o consumo de materiais e o uso de equipamentos, o entendimento da influência dos fatores sobre a produtividade, o uso de indicadores cumulativos de produtividade e a obtenção matemática de indicadores ótimos tem sido utilizada também para materiais e equipamentos (SOUZA; PALIARI, 2006; MINGIONE, 2016).

Com base nesse referencial teórico e, à medida que trabalhos relacionados a produtividade em serviços de construção civil foram sendo desenvolvidos, novos conceitos relacionados à produtividade da mão-de-obra, equipamentos e materiais foram introduzidos:

– **Para mão de obra**

- Mais uma categoria de fatores influenciadores: os relacionados a anormalidades, que dizem respeito a fatores externos fora do controle dos envolvidos, válida também para materiais e equipamentos (SOUZA, 1996);

- O termo razão unitária de produção (RUP), que relaciona homens-hora (Hh) dedicadas para realização de um serviço com a quantidade de serviço (QS) executada (Equação 1) (SOUZA, 1996);

Equação 1 – Cálculo da RUP de mão-de-obra

$$RUP = \frac{Hh}{QS}$$

- Os termos RUP_{oficial}, RUP_{direta} e RUP_{global} que se diferenciam quanto a mão de obra considerada na contabilização das homens-hora para realização do serviço (SOUZA, 2001):
 - RUP_{oficial}: considera apenas os oficiais envolvidos diretamente na produção;
 - RUP_{direta}: considera, além dos oficiais, os ajudantes envolvidos diretamente na produção;
 - RUP_{global}: considera toda a mão-de-obra envolvida no serviço em questão;
- Os termos RUP_{diária}, RUP_{cíclica} e RUP_{cumulativa} que se diferenciam quanto ao período de tempo considerado em cada medição (SOUZA, 2001):
 - RUP_{diária}: calcula a produtividade com base nas medições realizadas em um dia;
 - RUP_{cíclica}: calcula a produtividade com base em um ciclo de produção do serviço que pode ser inferior ou superior ao período de um dia (ex.: produtividade por trecho, pavimento, semana);
 - RUP_{cumulativa}: calcula a produtividade com base em medições diárias ou cíclicas acumuladas. Por acumular valores bons e ruins de produtividade, entende-se que valores acima da RUP_{cumulativa} são ruins e valores abaixo, são normais a bons (CARRARO, 1999);
- O termo RUP_{potencial} corresponde à mediana dos valores de RUP_{diária} ou RUP_{cíclica} menores ou iguais à RUP_{cumulativa} final do período de coleta, dependendo da forma como se realizou as medições (SOUZA, 2001). Segundo

o autor, a $RUP_{potencial}^9$ corresponde a uma produtividade factível associada a um bom desempenho de produção e sua distância em relação às $RUP_{diária}$ ou $RUP_{cíclica}$ mostra a ineficiência da atividade nesses períodos, função dos fatores de conteúdo, contexto e anormalidades envolvidos;

Figura 6 – Exemplo gráfico das RUPs

Fonte: adaptado de Souza (2006)

- Diversos estudos ainda buscam tratar estatisticamente os valores $RUP_{diária}$, $RUP_{cíclica}$ e $RUP_{cumulativa}$ de diferentes obras calculando valores mínimos, máximos e medianos¹⁰.

– Para equipamentos

- De forma similar à da mão-de-obra, a produtividade dos equipamentos também pode ser dividida em função do período de tempo considerado e terem as $RUP_{cumulativa}$, $RUP_{potencial}$ e valores mínimos, máximos e medianos calculados. Para o cálculo da RUP no caso dos equipamentos, as entradas são as

⁹ Cabe aqui destacar a diferença entre a $RUP_{potencial}$ introduzida por Souza (2001) e a produtividade ideal dos Modelos dos Fatores. A $RUP_{potencial}$, conforme descrito acima está vinculada aos fatores que a influenciam e à medição realizada, portanto varia para obras e medições diferentes. Enquanto a produtividade ideal estaria relacionada ao serviço, sendo o tempo que um operário qualificado levaria para realiza-lo com um ritmo bom de produção (BROOMFIELD et al., 1984). Apesar do conceito de produtividade ideal existir, o que se tem utilizado como referência para avaliação da produtividade de um serviço quanto a mão-de-obra e uso de equipamentos é a $RUP_{potencial}$.

¹⁰ As medianas são adotadas com mais frequência que as médias por sofrerem menos influência de valores extremos, que podem estar associados a anormalidades ou situações específicas observadas em um dia de medição.

Equipamentos-horas (Eqh) e a saída é a quantidade de serviço executado (Equação 2). As Eqh consideradas podem ser contabilizadas tanto pela ótica do serviço e, neste caso, somam-se as horas dos equipamentos utilizados para executá-lo (ex.: produtividade de vibradores de concretagem), quanto pela ótica do equipamento somando-se as Eqh de um único equipamento (ex.: produtividade de bomba estacionárias em uma concretagem).

Equação 2 – Cálculo da RUP de equipamentos

$$RUP = \frac{Eqh}{QS}$$

– **Para materiais**

- Para produtividade dos materiais de construção, Souza (2001) introduz o termo consumo unitário de material (CUM), definido como a quantidade de material (QM) necessária para se produzir uma quantidade unitária do serviço em execução (QS), o qual pode ser dividido em CUM_{real} e CUM_{teórico} em função da quantidade de material utilizada para o cálculo:
 - CUM_{real}: relação entre os materiais efetivamente utilizados e a quantidade de produto ou serviço executado (Equação 3).
 - CUM_{teórico}: relação entre o consumo de material teórico, contabilizado a partir de projetos ou outras referências, e o produto ou serviço executado (Equação 4).

Equação 3 – Cálculo do CUM real

$$CUM_{real} = \frac{QM_{real}}{QS}$$

Equação 4 – Cálculo do CUM teórico

$$CUM_{teórico} = \frac{QM_{teórico}}{QS}$$

- Diferentemente dos indicadores de mão-de-obra, os estudos de consumo de material acumulam os dados por obra ou quantidade de serviço sem fazer distinção com relação a dias ou ciclos e não diferenciam os indicadores em função dos operários ou equipamentos envolvidos, apesar de alguns estudos tratarem de perdas parciais e globais como mostrado no item 4.

- Existem estudos que preferem analisar a eficiência no consumo de materiais pelos indicadores de perdas (IP), que são apresentados em mais detalhe no item 4. A principal diferença entre eles no contexto do consumo de materiais é que o CUM mede a eficiência no consumo de materiais para se produzir uma unidade de serviço, e já considera as perdas nesse cálculo (Equação 5), enquanto os indicadores de perda medem quanto o consumo de determinado material se distanciou de uma situação de referência para a execução de uma unidade de serviço (Equação 6), e são mais fáceis de serem interpretados. (PALIARI, 1999).

Equação 5 – Relação do CUM com o IP

$$CUM_{real} = CUM_{teórico} \times (1 + IP)$$

Equação 6 – Cálculo do IP

$$IP = \frac{CUM_{real}}{CUM_{teórico}} - 1$$

Interessante notar que na produtividade da mão-de-obra e de equipamentos, diferentemente da produtividade de materiais, o recurso que se consome não é efetivamente a mão-de-obra e os equipamentos, mas o tempo de uso dos mesmos. Ou seja, a quantidade de horas trabalhadas pelos funcionários e de horas de uso dos equipamentos para execução de uma quantidade de serviço.

Portanto, ao se reduzir a duração da execução de serviço, estar-se-á aumentando a produtividade da mão de obra e de equipamento, influenciando no cálculo de todos os indicadores apresentados, inclusive os potenciais.

No cálculo do CUM ou das perdas não há consideração do tempo de execução do serviço, apenas das quantidades consumidas e teóricas de material. No entanto, pode-se medir a velocidade do consumo de material em determinado serviço dividindo-se a quantidade total consumida pelo tempo de execução do serviço (Equação 7).

Equação 7 – Velocidade do consumo de material

$$Velocidade\ de\ consumo = \frac{QM}{Tempo}$$

Tem-se, então, um indicador de velocidade de consumo (ex.: m³ de concreto bombeado por hora) e não mais um indicador de produtividade, pois não se está

medindo a eficiência de um processo. Entretanto, pode servir como medição indireta da produtividade à medida que um consumo mais rápido representa um tempo menor de execução do serviço. Sua relação com a RUP é demonstrada na equação:

Equação 8 – Relação da RUP com a velocidade de descarregamento de concreto

$$RUP = \frac{H \cdot h}{m^3} = \frac{H}{\frac{m^3}{h}} = \frac{H}{v *}$$

** v = velocidade de descarregamento*

3.2 PRODUTIVIDADE NAS CONCRETAGENS

Conforme definição apresentada no item 3.1, a produtividade é a eficiência de um processo na transformação de recursos em produtos. Devido à sua importância no custo, prazo e qualidade da obra, diversos estudos procuraram medir a produtividade das concretagens, fatores que a influenciam e propor soluções na busca de torna-la mais eficiente.

Os indicadores comumente utilizados para medição da produtividade de concretagens quanto ao uso de mão-de-obra e equipamentos é a RUP, apresentada anteriormente.

Os recursos considerados no cálculo das RUPs das concretagens podem ser: horas trabalhadas de carpinteiros, ajudantes e encarregados no grupo de mão-de-obra; horas utilizadas de caminhões-betoneira, bomba-lança, bomba-estacionária, vibradores, entre outros, no grupo de equipamentos; ou a velocidade no consumo de concreto, de forma indireta.

Na literatura, encontram-se variações das RUPs em função dos diferentes recursos considerados e também das diferentes formas de cálculo, conforme demonstrado no item 3.1, mas em todas elas, o quociente ou produto considerado no cálculo das RUPs é a metragem cúbica de estrutura concretada. A seguir são apresentadas essas variações com os nomes específicos adotados em estudos de produtividade de concretagens e a finalidade cada um (ARAÚJO, 2000; OBATA, 2000; FREIRE, 2001; DANTAS; SOUZA, 2003; FACHINI, 2005; DANTAS, 2006; FACHINI; SOUZA, 2006; PINHO, 2013; PINI, 2014; MELO; COSTA, 2016).

Variação das RUPs quanto ao elemento da ERCA considerado na relação entre entradas e saídas:

- RUPlajes: relação entre os recursos utilizados para concretagem de lajes pelo volume concretado desses elementos;
- RUPlajes+vigas: relação entre os recursos utilizados para concretagem de laje e vigas pelo volume concretado desses elementos;
- RUPpilares: relação entre os recursos utilizados para concretagem de pilares pelo volume concretado desses elementos;
- RUPglobal: no caso de concretagem de pavimentos de uma edificação, pode ser interpretada de duas formas:
 - Composição dos recursos considerados no cálculo das RUPlajes e RUPpilares, se o sistema estrutural for composto por lajes e pilares, ou RUPlajes+vigas e RUPpilares, se o sistema estrutural for composto por lajes, vigas e pilares, divididos pela soma do volume concretado dos elementos;
 - Contabilização dos recursos utilizados e do volume concretado quando vigas e pilares ou vigas, lajes e pilares são concretados juntos.

Variação das RUPs quanto aos tempos de concretagem considerados na contabilização dos recursos:

- Araújo (2000) divide a concretagem em três tempos principais: tempo de caminhão, tempo de descarregamento e tempo global das concretagens; com base nos quais são apresentadas as seguintes RUPs:
 - RUPcaminhão: considera os recursos utilizados entre o início e fim do descarregamento de um caminhão divididos pelo volume de concreto do caminhão;
 - RUPdescarregamento: considera os recursos utilizados entre o início do descarregamento do primeiro caminhão e o fim do último divididos pelo volume total da concretagem. O tempo considerado é denominado “tempo de descarregamento”, mas que também é referenciado como tempo de duração da concretagem por indicar o tempo entre o início e o fim do descarregamento dos caminhões. Esse tempo soma os tempos de descarregamento dos caminhões e os tempos de intervalo entre eles.

Se comparado com a RUPcaminhão, demonstra a ineficiência com a troca dos caminhões ou com atraso na chegada dos mesmos;

- RUPglobal: considera os recursos utilizados entre o início da disponibilização de pessoal para a concretagem e o fim da disponibilização de pessoal divididos pelo volume total da concretagem. O tempo considerado é denominado “tempo global”. Esse tempo soma ao tempo de descarregamento o tempo em que a equipe e equipamentos estavam disponíveis e aguardando o início do descarregamento de concreto e que a equipe e equipamentos continuaram realizando as etapas de espalhamento, nivelamento, acabamento e cura do concreto após o término do descarregamento do último caminhão. Se comparado com a RUPdescarregamento, demonstra a ineficiência no início do descarregamento e na finalização da concretagem.

Por terem a mesma denominação, a RUPglobal referente aos elementos concretados e a RUPglobal referente ao tempo global das concretagens podem ser confundidas. Para se evitar essa confusão, propõe-se a classificação das RUPs quanto ao tempo considerado em RUPcaminhão, RUPdescarregamento e RUPt,concretagem, em substituição à RUPglobal. Para manter uma coerência, o tempo global também precisaria ser atualizado para tempo total de concretagem (Figura 7).

Figura 7 – Tempos de concretagem

Fonte: adaptado de Araújo (2000).

Conforme demonstrado anteriormente, a produtividade da concretagem pode ser medida indiretamente pela velocidade de consumo de concreto, cuja relação com a RUP é demonstrada na Equação 8. Assim como no cálculo das RUPs, pode variar em função do tempo considerado: velocidade de concretagem por caminhão; velocidade de concretagem no descarregamento; velocidade de concretagem total. A comparação entre eles demonstra as mesmas ineficiências indicadas para as $RUP_{\text{caminhão}}$, $RUP_{\text{descarregamento}}$, $RUP_{\text{t,concretagem}}$.

Percebe-se que os indicadores apresentados avaliam a produtividade mais pela ótica da construtora, pois consideram o tempo dedicado de equipe e equipamentos da chegada do primeiro caminhão, mas não consideram o tempo consumido de caminhão no canteiro antes do início da sua descarga. Considerando que a produtividade da concretagem também é influenciada pelo fornecedor, é importante que se tenha indicadores que a avaliem pela sua ótica.

De forma similar aos tempos sugeridos por Araujo (2000), Anson e Wang (1998) dividem os tempos de concretagem pela perspectiva do caminhão betoneira em 7 tempos: carregamento dos caminhões, saída da central, transporte até a obra, espera e controle de recebimento / aceitação, descarregamento, lavagem do caminhão e retorno para a central (Figura 8). Tais tempos podem ser utilizados pelo fornecedor de concreto para a composição de RUPs para controle da eficiência dos

caminhões ou motoristas, que seriam os recursos envolvidos diretamente com a concretagem, como nos exemplos a seguir:

- RUP_{cb,canteiro}: soma do tempo do caminhão betoneira no canteiro (Eqhs), entre sua chegada e saída após a lavagem, dividido pelo volume transportado. Se comparado com a RUP_{caminhão}, evidencia as ineficiências com espera, troca e posicionamento das CBs, controle de recebimento e aceitação e para a lavagem do caminhão.
- RUP_{cb,fornecimento}: soma dos tempos de um ciclo completo do caminhão, desde a saída da central até seu retorno dividido pelo volume transportado. Se comparado com a RUP_{cb, canteiro}, evidencia as ineficiências com o trajeto e carregamento na central.
- RUP_{cb,concretagem}: soma dos tempos de ciclo de todos os caminhões dividido pela soma do volume transportado por todos eles a uma determinada obra. Se comparado com a RUP_{t,concretagem} evidencia a relação entre o tempo disponibilizado de caminhão pelo fornecedor e a duração da concretagem.

Figura 8 – Tempos de concretagem pelo ponto de vista do caminhão betoneira

Fonte: Lu e Anson (2004).

Para o cálculo das RUPs pela ótica da construtora, a quantidade de serviço executado é obtida através das notas fiscais do concreto fornecido ou de projetos estruturais, enquanto para contabilização das Hhs ou Eqhs são encontradas algumas alternativas na literatura: através da folha de pagamento dos funcionários envolvidos; através da observação contínua e registro do número de horas de funcionários /

equipamentos; através de informações fornecidas pelo encarregado pelo serviço com ou sem a complementação das informações da folha de pagamento; através das fichas de controle de vencimento dos caminhões de concreto (SOUZA; AGOPYAN, 1996; PINHO; 2013). Para o cálculo das RUPs dos caminhões betoneira, não há indicação da forma de contabilização, mas precisariam ser contabilizadas e passadas pelo fornecedor de concreto por envolver o tempo de início do carregamento, saída da central e de retorno.

Percebe-se, além da importância do tempo na produtividade das concretagens, a importância do entendimento de qual tempo está sendo considerado, dado que alguns são mais gerenciáveis pela construtora e outros pelo fornecedor, fazendo com que sugestões para sua racionalização tenham efeitos diferentes em função de qual dos tempos apresentados serão afetados.

Contudo, para que se consiga sugerir melhorias à produtividade das concretagens, é preciso entender quais são os fatores de conteúdo, contexto ou anormalidades que a influenciam, e, no contexto desta pesquisa, mais especificamente os ligados ao relacionamento entre as empresas.

De fato, segundo Souza (2001), para se reduzir o consumo indevido de mão-de-obra em determinado serviço, é imprescindível que se conheça os fatores que fazem tal consumo variar. Carraro (1998) complementa que conhecer esses fatores que fazem a produtividade variar é tão ou mais importante do que o cálculo dos indicadores de produtividade em si.

Na seção seguinte, é apresentada a revisão a respeito dos fatores influenciadores disponíveis em referências bibliográficas.

3.3 FATORES INFLUENCIADORES

Os fatores identificados na pesquisa bibliográfica realizada foram agrupados na Tabela 8 em 11 grupos, elencados a seguir, os quais foram adaptados pelo autor a partir da classificação proposta por Dantas (2006), para facilitar a interpretação e análise:

- Projeto do produto;
- Materiais e componentes, utilizada nesta seção como características do concreto;
- Equipamentos e ferramentas;

- Mão de obra;
- Gestão da produção, dividida nesta seção em função da atividade a que estão relacionadas, algumas delas identificadas no item 2, outras não:
 - Planejamento da concretagem;
 - Programação da concretagem;
 - Preparação para concretagem;
 - Fornecimento de concreto;
 - Condução da concretagem;
 - Condições do canteiro.

Alguns dos maiores estudos citados na Tabela 8 são destacados a seguir:

- Muqeem et al. (2011), fizeram 84 medições de produtividade em concretagens de pilares na Malásia e chegaram a cinco principais fatores que a afetam a: disponibilidade de materiais e equipamentos; número de trabalhadores envolvidos; condições climáticas; condições do local e localização do empreendimento;
- Dantas (2006), após 40 entrevistas com profissionais de 7 obras e 103 medições de produtividade de concretagens nessas obras, chegou a 36 fatores que influenciam a produtividade das concretagens e, junto com a avaliação pelo método Delphi¹¹ com 21 gestores de empresas construtoras do nível de diretoria até a engenharia de obra, chegou a 31 ações para melhorá-la. Algumas das ações identificadas como mais relevantes estão diretamente ligadas ao relacionamento entre fornecedor e construtora:
 - Sempre programar concretagens com concreto usinado para o período da manhã, indicando a influência do horário da concretagem;
 - Pedir concreto usinado com antecedência de 3 dias, indicando a influência da antecedência da programação;

¹¹ Dantas (2006), após análise de referências bibliográficas sobre o tema, caracteriza o método Delphi como a “aplicação de questionários interativos a especialistas, de forma individual, a fim de manter o anonimato de suas opiniões, oferecendo ‘feedback’ dos resultados a cada interação, até que se obtenha um consenso”.

- Não pedir concreto dosado em central às sextas-feiras, indicando a influência do dia da concretagem;
 - Escolher central com menor distância da obra, indicando influência do tempo de transporte do caminhão da central até a obra.
-
- Freire e Souza (2000), após analisarem 94 medições de produtividade de concretagem de lajes, vigas e pilares com transporte por bomba, grua e combinação de elevador e jérika, chegaram à conclusão de que a forma de transporte e o elemento a ser concretado têm pouca influência em relação à forma como a concretagem é conduzida, a interface com o fornecedor de concreto, o planejamento da execução do serviço e o dimensionamento da equipe e equipamentos, sugerindo a grande importância do relacionamento entre fornecedor e construtora;
 - Araujo et al. (2001), levantaram falhas que ocorrem em concretagens através de sessão de brainstorming¹² com pós-graduandos e avaliaram a frequência de ocorrência e impacto dessas falhas a partir da experiência dos pesquisadores, utilizando o FTA e o FMEA¹³ para identificar as causas das falhas, definir ações preventivas e priorizá-las. Duas das três causas principais identificadas estão ligadas diretamente ao relacionamento entre fornecedor e construtora: problemas com o fornecimento de concreto e falhas na solicitação de concreto;
 - Regattieri e Maranhão (2011) comentam que nos dias em que há maior demanda de concreto pela central, o risco de atraso no fornecimento de concreto é maior. Enquanto nos dias de pouca demanda, a central fica ociosa. Isso indica a influência da demanda da central no dia programado na produtividade da concretagem.
 - Dunlop e Smith (2004) aplicaram os conceitos do Lean Construction¹⁴ e caracterizam o fluxo de fornecimento de concreto em atividades de fluxo e de conversão (Figura 9). Segundo esses conceitos, as atividades de fluxo não

¹² Dinâmica de grupo que estimula a criatividade e geração de ideias.

¹³ FTA (Faul Tree Analysis) ou Árvore de Análise de Falhas e FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) são alguns dos métodos e técnicas mais utilizados para melhorar a confiabilidade de produtos e processos, reduzindo a probabilidade de falhas (OLIVEIRA, PAIVA, ALMEIDA; 2010).

¹⁴ Lean Construction entende que a produção é composta por atividades de conversão e de fluxo de recursos e/ou informações. As atividades de conversão são as que efetivamente agregam valor ao produto enquanto as atividades de fluxo, divididas em inspeção, movimentação e espera, não agregam valor e deveriam ser minimizadas (KOSKELA, 1992).

agregam valor ao serviço e precisam ser reduzidas para que se aumente a eficiência. Os autores fizeram uma simulação a partir dos dados das 202 concretagens monitoradas supondo que toda a ociosidade dos caminhões betoneira (ex: atraso, troca, posicionamento na bomba e retorno para central) e bombas fossem eliminadas (ex: preparação e pausas durante o bombeamento). Isso resultaria em 25% de ganho de produtividade, indicando a importância de se mapear e atuar para reduzir os tempos que contenham ociosidade.

Figura 9 – Classificação do fornecimento de concreto em atividades de fluxo e de conversão

Fonte: Dunlop e Smith (2004).

- Jarkas (2012) corrobora com a importância do relacionamento entre fornecedor e construtora e demonstra através de um exemplo prático o efeito do maior comprometimento entre as partes. Segundo o autor, concretagens de maiores volumes são mais produtivas porque: são melhores planejadas e preparadas pela construtora; os fornecedores dão mais atenção a essas concretagens, reduzindo atrasos na entrega dos caminhões; devido às horas limitadas do dia, os trabalhadores tendem a se esforçar mais para finalizar o serviço dentro do horário normal. Ou seja, demonstra a influência do volume de concreto, do planejamento e preparação pela construtora e da vontade dos funcionários em terminar a concretagem no horário.

Pela análise da Tabela 8, percebe-se que a maioria dos fatores identificados estão relacionados à construtora, embora já se tenha visto que a produtividade das concretagens depende em grande parte dos fornecedores. A maioria deles são de contexto, demonstrando forte influência de acontecimentos e condições antes e durante a concretagem sobre a produtividade da mesma.

Grande parte se enquadra na definição de relação apresentada no item 1.2, com os grupos de fornecimento de concreto e programação tendo o maior número de fatores ligados a momentos de interação direta entre as empresas e com diversos fatores nos outros grupos relacionados a atividades que uma das empresas exerce e que, por afetar a atividade da outra direta ou indiretamente, afetam também a produtividade das concretagens, demonstrando a extensão da relação entre fornecedor e construtora.

Tabela 8 – Classificação dos fatores influenciadores de concretagens

Classificação	Fatores	Referências
Projeto do produto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acabamento superficial especificado 2. Altura do pavimento concretado 3. Área de fôrma em relação ao volume de concreto (m^2/m^3) 4. Área do pavimento concretado 5. Arranjo estrutural do edifício 6. Características do elemento concretado 7. Densidade da armação 8. Localização do elemento concretado 9. Tipo de elemento concretado 10. Volume de concretagem 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Anson e Wang (1998) 2. Araujo (2000) 3. Damião et al. (2016) 4. Dantas (2006) 5. Dórea e Souza (1999) 6. Dunlop e Smith (2004) 7. Freire e Souza (2000) 8. ABCP (2013) 9. Jarkas e Horner (2015)
Características do material	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recomendações especiais (ex.: aditivos dosados na obra e necessidade de ensaios especiais) 2. Slump do concreto 3. Tipo de brita utilizada no traço. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Araújo (2000) 2. Dantas (2006)
Equipamentos e ferramentas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ferramentas de lançamento / acabamento 2. Tipo de equipamento para transporte 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Anson e Wang (1998) 2. Araújo (2000) 3. Damião et al. (2016) 4. Dantas (2006) 5. Dórea e Souza (1999) 6. Freire e Souza (2000) 7. Jarkas e Horner (2015)
Mão de obra	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ausência dos trabalhadores 2. Concretagem além do expediente 3. Experiência da equipe 4. Falta de motivação da mão-de-obra 5. Falta de sistema de incentivos 6. Qualificação da equipe 7. Rotatividade dos funcionários na obra 8. Tipo de mão de obra (própria ou terceirizada) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Andrade, Pinho e Lordsleem Jr. (2012) 2. Anson e Wang (1998) 3. Araujo (2000) 4. Dantas (2006) 5. Dórea e Souza (1999) 6. El-Gohary e Aziz (2014) 7. ABCP (2013) 8. Jarkas e Bitar (2012) 9. Jarkas e Horner (2015) 10. Lim e Alum (1995)

Classificação	Fatores	Referências
		11. Souza (2006)
Planejamento da concretagem (Gestão da Produção)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dimensionamento da equipe 2. Dimensionamento dos equipamentos 3. Qualidade do planejamento 4. Frequência e antecedência do planejamento 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abdel-Razek; Elshakour e Abdel-Hamid (2007) 2. Anson e Wang (1998) 3. Dantas (2006) 4. Dórea e Souza (1999) 5. El-Gohary e Aziz (2014) 6. Freire e Souza (2000) 7. Jarkas e Bitar (2012) 8. Jarkas e Horner (2015) 9. Muqeem (2011) 10. Thomas et al. (2003)
Programação da concretagem (Gestão da Produção)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Antecedência da programação 2. Clareza nas especificações técnicas do concreto programado 3. Dia da semana programado para concretagem 4. Mudanças na programação 5. Período programado para concretagem 6. Qualidade das informações da programação de concreto 7. Volume dos ciclos de concretagem 8. Volume médio de concreto programado por caminhão 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Anson e Wang (1998) 2. Araújo (2000) 3. Araujo et al. (2001) 4. Dantas (2006) 5. Dunlop e Smith (2004) 6. El-Gohary e Aziz (2014) 7. Jarkas e Bitar (2012) 8. Jarkas e Horner (2015)
Preparação para concretagem (Gestão da Produção)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Antecedência e qualidade do travamento das tubulações fixas 2. Antecedência na disponibilização dos equipamentos e ferramentas que serão utilizados 3. Antecedência na verificação da ausência de algum funcionário 4. Disponibilidade de água e energia no pavimento 5. Disponibilidade de equipamentos e ferramentas testados e em bom estado 6. Horário de mobilização da equipe de concretagem 7. Horário de chegada e montagem da bomba 8. Horário de término da preparação das fôrmas e armação 9. Manutenção e qualidade dos equipamentos utilizados 10. Tempo necessário para preparação para a concretagem 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Andrade, Pinho e Lordsleem Jr. (2012) 2. Araújo (2000) 3. Dantas (2006) 4. Dórea e Souza (1999) 5. Dunlop e Smith (2004) 6. Freire e Souza (2000) 7. Ktzias e Marchiori (2012) 8. Melo e Costa (2016) 9. Muqeem (2011)
Fornecimento de concreto (Gestão da Produção)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aderência da especificação do concreto recebido ao solicitado 2. Interface com fornecedor de concreto 3. Localização da obra em relação à central e trânsito no trajeto 4. Horário de início da concretagem 5. Número de caminhões disponíveis do fornecedor 6. Restrições de vizinhança 7. Restrições locais de tráfego 8. Tempo para a liberação do envio de caminhões 9. Tempo para chegada dos caminhões 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Anson e Wang (1998) 2. Araújo (2000) 3. Araujo et al. (2001) 4. Christian e Hachey (1995) 5. Dantas (2006) 6. Dórea e Souza (1999) 7. Dunlop e Smith (2004) 8. Freire e Souza (2000) 9. Jarkas e Bitar (2012) 10. Jarkas e Horner (2015) 11. Melo e Costa (2016) 12. Muqeem (2011)

Classificação	Fatores	Referências
Condução da concretagem (Gestão da Produção)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Condução e supervisão da concretagem 2. Disposição e forma do controle de recebimento e aceitação 3. Interferência de outras atividades da obra na concretagem 4. Necessidade de retrabalho / ajustes durante a concretagem 5. Tempo para definição do volume do último caminhão betoneira 6. Tempo para troca de caminhões 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abdel-Razek, Elshakour e Abdel-Hamid (2007) 2. Dantas (2006) 3. El-Gohary e Aziz (2014) 4. Freire e Souza (2000) 5. Jarkas e Bitar (2012) 6. Jarkas e Horner (2015) 7. Melo e Costa (2016)
Condição do canteiro (Gestão da Produção)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Condições do canteiro 2. Condição climática do canteiro 3. Condições do local de concretagem 4. Logística e organização do canteiro 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Araujo (2000) 2. Dantas (2006) 3. Dórea e Souza (1999) 4. Jarkas e Bitar (2012) 5. Jarkas e Horner (2015) 6. Muqeem (2011) 7. Souza (2006)

Fonte: elaborado pelo autor.

3.4 SUGESTÕES DE MELHORIA

Para facilitar a comparação entre fatores e soluções propostas, as soluções encontradas em bibliografia foram agrupadas na mesma divisão dos fatores influenciadores (Tabela 9). A seguir são apresentadas algumas das principais propostas identificadas:

- Regattieri e Maranhão (2011) recomendam que antes do início do fornecimento de concreto seja feita uma reunião no canteiro com envolvimento da obra, laboratório de controle tecnológico, fornecedor de concreto e o empreiteiro de estrutura para discutir: dias, horários e volumes de fornecimento de concreto; condições de acesso à obra e restrições de trânsito; forma de lançamento do concreto; circulação dos caminhões no canteiro; condições para liberação do lançamento; visitas técnicas à central; requisitos e metodologias para controle do concreto; critérios para aceitação do concreto. Essa sugestão está alinhada com os principais fatores demonstrados no item anterior e ainda demonstra a importância do envolvimento de outros agentes envolvidos na concretagem;
- Regattieri e Maranhão (2011), também demonstram a influência do dia programado para a concretagem sobre sua produtividade, apresentado no item anterior. Essa constatação também sugere a possibilidade de haver um alinhamento entre ambos na definição da data para melhoria da produtividade da concretagem.

- Melo e Costa (2016) sugerem, entre outros pontos, a realização de reuniões semanais de planejamento com o empreiteiro de estrutura e o fornecedor de concreto. Essa sugestão complementa a ideia anterior e sugere a participação contínua dos agentes envolvidos para melhorar o planejamento, preparação, programação e condução da concretagem;
- Moon e Yang (2010) sugerem o uso da tecnologia RFID (radio frequency identification device) para monitoramento dos tempos de fornecimento de concreto na central e na obra e assim conseguir reduzir os tempos de intervalo entre os caminhões enviados à obra. O uso da tecnologia é justificado pela falha na troca de informações entre a central e a obra. Com essa ferramenta, a central poderia definir melhor o momento de envio dos caminhões. Essa sugestão exemplifica o papel que a tecnologia pode ter na melhoria da eficiência das concretagens e a importância da identificação e monitoramento dos tempos de concretagem;
- Freire (2001) destaca o uso do contrato como forma de melhorar a eficiência das concretagens através de multas relacionadas ao não cumprimento das programações quanto à velocidade de envio dos caminhões pela central, vazão de consumo de concreto pela obra e horário de início e término das concretagens por ambos. Freire e Souza (2000) complementam com a sugestão de multa por concreto fora de especificação, o qual é rejeitado pela obra e quebra sequência de fornecimento. Santos (2014) acredita que o contrato também deve conter as responsabilidades das partes claramente definidas, além da antecedência necessária para programação. Essas sugestões apresentam o contrato como uma forma de reger o relacionamento entre as partes e como forma de aumentar a produtividade das concretagens, indicando que seu conteúdo também merece atenção, conforme indicado na seção 1.1.1.

Tabela 9 – Sugestões para melhoria da produtividade das concretagens

Classificação	Sugestões	Referências
Projeto do produto	1. Projetos com maior taxa de m ³ /m ² 2. Projetos com menor taxa de aço 3. Tipologia simplificada de projeto	1. Dantas (2006) 2. Melo e Costa (2016)
Característica do material	1. Pedir concreto com abatimento mais elevado 2. Pedir concreto com fck mais alto	1. Dantas (2006)
Equipamento e ferramentas	1. Uso de bomba estacionária / bomba-lança 2. Uso de grua para auxílio à concretagem	1. Dantas (2006) 2. ABCP (2013)

Classificação	Sugestões	Referências
	<ol style="list-style-type: none"> 3. Nas concretagens com grua, utilizar caçamba de tamanho maior 4. Utilizar nível a laser para nivelamento das lajes 	<ol style="list-style-type: none"> 3. Melo e Costa (2016) 4. PINI (2014)
Mão-de-obra	<ol style="list-style-type: none"> 1. Baixa rotatividade da equipe 2. Utilização de mão-de-obra qualificada 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Freire e Souza (2000) 2. ABCP (2013)
Planejamento da concretagem (Gestão da Produção)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adequação e correto dimensionamento do sistema de transporte 2. Adequado dimensionamento das equipes de concretagem 3. Adequado dimensionamento dos equipamentos para lançamento, espalhamento, adensamento e acabamento do concreto 4. Aumentar número de vibradores por concretagem 5. Planejar a execução do serviço 6. Planejar a concretagem de modo a ter um melhor aproveitamento da equipe 7. Redução das distâncias a serem percorridas pelos caminhões no canteiro 8. Reunião antes do início do fornecimento com demais agentes envolvidos nas concretagens 9. Reunião semanal de planejamento com encarregado e concreteira 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dantas (2006) 2. Freire e Souza (2000) 3. ABCP (2013) 4. Regattieri e Maranhão (2011) 5. Melo e Costa (2016) 6. PINI (2014)
Programação da concretagem (Gestão da Produção)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir prazo mínimo entre programação do concreto e fornecimento para a obra em contrato 2. Fazer concretagens com volumes maiores 3. Não cancelar solicitação de concreto 4. Não pedir concreto em dias de grande demanda 5. Sempre programar concretagens com concreto usinado para o período da manhã 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dantas (2006) 2. Jarkas (2012) 3. Regattieri e Maranhão (2011) 4. Santos (2014)
Preparação para concretagem (Gestão da Produção)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Deixar local pronto na véspera e obedecer ao horário de início 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Freire e Souza (2000)
Fornecimento de concreto (Gestão da Produção)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adequar demanda de concreto com fornecimento 2. Entrega de concreto sem atraso 3. Escolher concreteira com menor distância à obra 4. Estipular em contrato multas / prêmios para redução de cancelamentos e atraso dos caminhões 5. Estipular multas contratuais para concreto fora de especificação 6. Pedir concreto usinado com antecedência 7. Uso de RFID para monitoramento dos caminhões 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Anson e Wang (1998) 2. Anson, Anton e Cooke (1989) 3. Dantas (2006) 4. Freire (2001) 5. Freire e Souza (2000) 6. Regattieri e Maranhão (2011) 7. Moon e Yang (2010) 8. PINI (2014)
Condução da concretagem (Gestão da Produção)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Boa coordenação entre fornecedor e construtora 2. Definição cedo do volume do último caminhão 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dantas (2006) 2. Freire e Souza (2000) 3. PINI (2014) 4. Wang, Ofori e Teo (2001)

Classificação	Sugestões	Referências
	3. Maior agilidade nas trocas de caminhões e verificação do slump antes do término da descarga do caminhão antecessor	
Condição do canteiro (Gestão da Produção)	1. Fazer layout do canteiro preparado para acesso de caminhões-betoneira e mantê-lo organizado	1. Dantas (2006) 2. Freire e Souza (2000) 3. Regattieri e Maranhão (2011) 4. Melo e Costa (2016) 5. PINI (2014) 6. Wang e Anson (2000)

Fonte: elaborado pelo autor.

Pela análise da Tabela 9, percebe-se que a maioria das sugestões se concentram na etapa de planejamento e são atividades direcionadas à construtora, o que demonstra a influência das atividades de um agente sobre a produtividade das concretagens. Outras duas etapas de destaque são o fornecimento de concreto e a programação da concretagem, de relação mais direta entre construtora e fornecedor, que deixam mais claro a importância das atividades exercidas por cada um para melhoria da produtividade.

Percebe-se também que a maioria das sugestões estão relacionadas a atividades que antecedem as concretagens e não aparentam complexidade. Contudo, dada a atualidade do problema, entende-se que em sua maioria elas não são adotadas e é necessário entender o porquê. Ou então não estão agindo sobre o problema correto. Ou, ainda, são necessárias outras soluções para melhoria da produtividade.

3.5 PRODUTIVIDADE E RELACIONAMENTO FORNECEDOR E CONSTRUTORA

A importância da relação entre fornecedor e construtora para a produtividade das concretagens, já citada em 1.1.2, fica mais evidente pela análise feita nos itens deste capítulo, mas ainda restam questões a serem esclarecidas e há espaço para novas sugestões.

Anson e Wang (1998) concordam que a produtividade da concretagem depende da performance da construtora e do fornecedor, mas ressaltam que é preciso entender a dinâmica de ambos os lados para que se possa compatibilizar as necessidades e expectativas. Segundo os autores, o construtor provavelmente não está preocupado com excesso de caminhões no canteiro; já o fornecedor está

interessado em manter um bom fornecimento com pouca fila de caminhão betoneira na obra.

Para otimização dos recursos e manutenção de um bom fornecimento com pouca fila de caminhão betoneira na obra, os fornecedores precisam contar com uma programação precisa e confiável das construtoras. Contudo, dentre as dificuldades já identificadas estão o cancelamento das programações sem antecedência, a alteração do volume de concreto, concretagens mais demoradas que o previsto e que não começam no horário programado, influenciando na qualidade do fornecimento (REGATTIERI, MARANHÃO; 2011; FREIRE; 2001).

Durante quase 200 dias de acompanhamento da atividade de uma central, Regattieri e Maranhão (2011) conseguiram mapear a ocorrência de cancelamentos:

- Em aproximadamente 40% dos dias as concretagens tiveram uma variação de até 5% do volume fornecido em relação ao programado;
- Em aproximadamente 50% dos dias as concretagens tiveram uma variação entre 5% e 25% do volume fornecido em relação ao programado;
- Em aproximadamente 10% dos dias as concretagens tiveram uma variação superior a 25% do volume fornecido em relação ao programado;
- Os cancelamentos são mais intensos no próprio dia da concretagem, superando 20% do volume programado, em muitos casos.

Os autores notaram também que quando há cancelamentos, a central fica sem conseguir preencher a janela de fornecimento, podendo ficar com equipe ociosa. Já no caso de volume acima do programado, o fornecedor pode ter custos com hora extra de equipe ou ter que solicitar caminhão betoneira de outras centrais da mesma empresa.

Além das constatações e mapeamento realizado, esse estudo exemplifica a importância de se entender o lado do fornecedor e as consequências que ações da construtora podem ter sobre as atividades do fornecedor e, como consequência, sobre a produtividade em si.

Do outro lado, as construtoras se queixam dos atrasos dos caminhões betoneira, segundo elas, por conta de os fornecedores aceitarem programações além de sua capacidade e não contarem com imprevistos das obras que estão atendendo (FREIRE, 2001), fazendo com que a obra fique com equipe parada ou com grande

ociosidade. Segundo trabalho realizado pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (Sinduscon-SP) para melhoria da produtividade na execução de estruturas desenvolvido em parceria com construtoras, fornecedores de concreto, fornecedor de aço e empresa de consultoria, nos dois primeiros ciclos de obras avaliadas, os tempos médios de atraso de entrega de concreto, quando acontecem, variam 16 minutos a 53 minutos na média por obra¹⁵.

Baseado no exemplo do estudo de Regattieri e Maranhão (2011), é necessário entender se esses tempos de atraso, que são significativos, se devem a ações da construtora, do fornecedor ou são um resultado de ações combinadas de ambos que resultam em impactos negativos para a produtividade da concretagem.

Outra ação setorial foi desenvolvida pelo Sinduscon do Distrito Federal (Sinduscon-DF) que a partir desse entendimento criou o Projeto Indicadores de Concreto¹⁶ com o objetivo de:

- Criar uma base de dados para ser utilizados por construtoras e fornecedores;
- Entender as razões dos desvios nas concretagens e propor melhorias;
- Criar uma cultura de compartilhamento de experiência;
- Estimular contratos com base em descontos e penalidades.

Desde 2009 o projeto vem coletando indicadores e gerando análises a respeito do fornecimento de concreto quanto a programação e qualidade. Alguns dos indicadores de programação gerados são: pontualidade no início da concretagem; volume total de concreto; vazão de concretagem; reprogramação de concreto; volume superior a 10% do volume programado; processo de concretagem utilizado; peça concretada; ocorrência de problemas durante a concretagem. Segundo essas análises, um dos principais problemas no relacionamento entre fornecedor e construtora é a reprogramação, que interfere no planejamento do fornecedor, e o principal tipo de problema que ocorre nas concretagens (medido em frequência de ocorrência) é a descontinuidade do fornecimento de concreto (SINDUSCON-DF; 2018).

¹⁵ Informação obtida no evento de apresentação do segundo ciclo de obras avaliadas no Sinduscon-SP realizado em Julho de 2018.

¹⁶ Site do Projeto Indicadores do Concreto: <http://www.projetoconcreto.org.br/>

Dessa discussão, começa a ficar evidente também que a questão do relacionamento não é exclusivamente entre a construtora e o fornecedor que a atende. É uma relação do fornecedor com todas as obras que ele atende, pois apesar de não interagirem diretamente entre si, o desempenho da concretagem de uma obra pode impactar os demais, a ponto de associações representantes de entidade de classe estarem se mobilizando para investigar a questão.

Contudo, Anson e Wang (1998) atestam que uma solução ótima que leve em conta o lado do fornecedor e das construtoras não seria uma em que todas as construtoras completem suas concretagens no menor tempo possível, pois dessa forma as centrais teriam que ser superdimensionadas.

Concluindo a revisão sobre produtividade em concretagens, a pesquisa bibliográfica realizada permite afirmar que:

- Os tempos de concretagem pela ótica do fornecedor e da construtora devem ser identificados e analisados para balizarem a proposição conjunta de melhorias;
- Os fatores influenciadores e soluções identificadas estão mais relacionados ao lado da construtora e às atividades que ocorrem antes das concretagens, sendo necessário explorar o lado do fornecedor e também as atividades exercidas por ambas as partes durante e após as concretagens e sua influência sobre a produtividade;
- É preciso ter clareza quanto à influência da relação entre as empresas e de novos e já identificados fatores ligados a esse relacionamento na produtividade e quanto às causas de influências negativas, a exemplo do uso FTA e FMEA por Araujo et al. (2001);
- É importante a colaboração entre fornecedor, construtora e outros agentes envolvidos na proposição e discussão de sugestões, a exemplo do sugerido por Regattieri e Maranhão (2011) e realizado por Dantas (2006) e Araujo et al. (2001).

A melhor forma de se otimizar a produtividade das concretagens com benefícios para ambos será investigada no EC e DT, tendo como referência as informações, lacunas e cuidados necessários identificados nesse capítulo e informações coletadas durante o desenvolvimento dessas abordagens.

4 PERDAS NA CONCRETAGEM DE ERCA COM CDC BOMBEADO

Assim como no caso da produtividade as perdas são abordadas primeiramente em um contexto mais amplo, passando para o caso específico em concretagens para, em seguida, explorar os fatores que a influenciam e as sugestões para sua redução já identificadas em outros estudos. Por último, é feita uma avaliação geral do material consultado e da influência da relação entre fornecedor e construtora sobre as perdas.

4.1 DEFINIÇÃO DE PERDAS

Conforme demonstrado no item anterior, as perdas podem se referir à quantidade de material utilizada em excesso em relação a uma quantidade de referência para execução de uma atividade, definição aplicável a processos produtivos em geral e de construção civil. No contexto da construção civil, Souza (2005) define perdas como:

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.

As perdas podem ser entendidas como desvios em relação a valores de referência de equipamentos, mão-de-obra¹⁷ e capital necessários para a produção de um edifício, considerando tantos desperdícios desses recursos quanto consumos dos mesmos em tarefas que não agregam valor ao resultado final (FORMOSO et al.; 1996).

Enquanto a eficiência no uso de recursos materiais em uma operação para produzir determinada quantidade de serviço é um indicador de produtividade, como o CUM apresentado anteriormente, as perdas de materiais, por serem indicadores que relacionam um determinado valor de consumo a um referencial teórico, são uma medição indireta da produtividade pois não consideram a quantidade de serviço executada.

¹⁷ Alguns estudos utilizam o ΔRUP como referência para perdas de produtividade por ser a diferença entre a $RUP_{potencial}$, factível mas desafiadora, e a $RUP_{cumulativa}$. Outros estudos, buscando entender melhor as variações de RUP, tem procurado dividir as horas de mão-de-obra e de equipamentos em tempos produtivos e improdutivos. Esses tempos improdutivos representariam as perdas da atividade, as quais podem se dar por diferentes motivos (PALLIARI, 1999).

Segundo Souza e Palliari (2006), algumas das diferenças entre a medição da eficiência no consumo de materiais pelo CUM e pelas perdas, e que justificam a preferência pelas perdas, são:

- As perdas apresentam de forma explícita a falta de eficiência de um processo de produção em relação a uma situação referência de perda nula;
- O CUMreal indica ao mesmo tempo a eficiência do projeto e da produção, mas sua interpretação é menos intuitiva que a das perdas.

Os valores de referência adotados para o cálculo das perdas são, na maioria das vezes, extraídos de projetos ou memoriais descritivos, conforme descrito por Souza (1996). No entanto, Ceotto (1995) demonstra que existem outras possibilidades de cálculo que se prestam para fins diferentes:

- Consumo referencial como valores extraídos do projeto: se posicionar em relação ao orçamento inicial;
- Consumo referencial como um valor médio do setor: para se posicionar em relação ao mercado;
- Consumo referencial como valores mínimos de mercado: para se posicionar em relação aos melhores concorrentes;
- Consumo referencial como norma técnica: para se posicionar frente a valores prescritos pela comunidade técnica.

Além de se ter um valor de referência, é importante entender as perdas para que se consiga reduzi-las. Com esse objetivo, diversos estudos propuseram classificações às perdas indo desde classificações mais abrangentes que consideram diversos tipos de recursos a classificações específicas para as perdas de materiais.

Dentre as classificações propostas, aquelas mais abrangentes dizem respeito ao tipo de recurso, à forma de controle, à etapa de ocorrência da perda, à abrangência do indicador de perda, à sua natureza e à sua origem. Aqui é apresentada uma combinação dos estudos de Andrade e Souza (2000), Formoso et al. (1996) e Palliari (1999) que cobrem e compilam grande parte dos trabalhos anteriores relacionados ao tema.

Quanto ao tipo de recurso, as perdas podem ser classificadas em (ANDRADE; SOUZA, 2000):

- Físicas: podendo ser de materiais, mão-de-obra, equipamentos e energia;
- Financeiras: podendo ser estritamente financeiras ou provenientes de perdas físicas;

Quanto ao controle, as perdas podem ser classificadas em (FORMOSO et al. 1996):

- Evitáveis: quando o custo de sua ocorrência é maior do que o custo para sua prevenção;
- Inevitáveis: quando o custo de sua ocorrência é inferior ao custo para sua prevenção, o qual depende do patamar tecnológico da empresa.

Quanto às etapas de ocorrência da perda, as principais classificações propostas são:

- Concepção, suprimentos, execução e uso-manutenção abrangendo diversos tipos de recursos (PALIARI, 1999);
- Execução, sendo a mesma decomposta em: recebimento, estocagem, transporte interno e produção; abrangendo diversos tipos de recursos (FORMOSO et al., 1996);
- Concepção, execução e uso-manutenção com a etapa da execução decomposta em: recebimento, estocagem, transporte, processamento intermediário e aplicação; tratando especificamente dos recursos materiais (ANDRADE; SOUZA, 2000).

Combinando essas definições, chega-se às seguintes etapas de ocorrência de perda para todos os tipos de recursos:

- Concepção: contempla as etapas de projeto, orçamento e planejamento da obra;
- Suprimentos: contempla a aquisição e fornecimento de materiais, equipamentos e mão-de-obra e os respectivos recursos financeiros;
- Execução: combinação dos recursos e informações das etapas anteriores para a materialização da obra;

- Uso e manutenção: uso das informações das etapas anteriores e de novos recursos durante o uso e para manutenção do empreendimento.

Quanto à sua abrangência, as perdas podem ser divididas em (PALIARI, 1999):

- Parciais: quando se referem a uma das etapas acima ou ao uso de determinado recurso em um momento específico de uma atividade de produção;
- Globais: quando se referem a todas as etapas acima ou ao uso de determinado recurso durante todo o período de uma atividade de produção.

Quanto à natureza, num contexto mais abrangente, apresenta-se as classificações apresentadas por Formoso et al. (1996) por elas considerarem perdas de outros tipos, além das de materiais:

- Superprodução: produção em quantidades superiores às necessárias e, portanto, incorre em perdas de material, de mão-de-obra, de equipamentos e financeira;
- Substituição: os autores definem como a utilização de um “material de valor ou características superiores às necessárias”, mas também neste caso, cabe expandir a classificação para equipamentos e mão-de-obra (ex.: utilizar grua com capacidade superior à necessária para a obra ou contratar mão-de-obra especializada para serviços simples);
- Espera: gerada pela falta de sincronização e nivelamento dos fluxos de materiais e das atividades dos trabalhadores;
- Transporte: manuseio excessivo ou inadequado de materiais, os quais podem, além de incorrer em perda de material, incorrer também em perda de mão-de-obra e de equipamento utilizado para o transporte e, conseqüentemente, financeiro;
- Processamento: relacionada ao uso de recursos na execução da operação;
- Estoque: estoque excessivo ou inadequado de materiais, que podem incorrer em perdas financeiras, mas também pode se referir a perdas com estoque de equipamentos não utilizados;

- Movimentação: movimentos desnecessários por parte de trabalhadores, podendo incorrer em perdas financeiras, além de materiais e equipamentos que os trabalhadores estejam levando;
- Elaboração de produtos defeituosos: produtos sem a qualidade necessária;
- Outras: roubo, vandalismo e acidentes.

Quanto à origem, também definida como a causa mais distante ou causa original, as perdas são divididas em função da etapa responsável pela sua ocorrência. As classificações encontradas se dividem em:

- Projeto, planejamento, fabricação de materiais, suprimentos e recursos humanos buscando abranger diversos tipos de recursos (PALIARI, 1999; FORMOSO et al., 1996);
- Concepção, planejamento, aquisição, execução e uso-manutenção com foco nos materiais (ANDRADE; SOUZA, 2000).

Entendendo a função suprimentos como a responsável por fazer a aquisição dos materiais e equipamentos, a concepção como função similar à de projeto, mas com escopo mais amplo que engloba tanto o desenvolvimento dos projetos quanto definições anteriores ao início da elaboração dos mesmos e combinando as duas classificações apresentadas, propõe-se a divisão quanto à origem em:

- Concepção, planejamento, fabricação de materiais, suprimentos, recursos humanos, execução e uso-manutenção.

Especificamente no contexto dos materiais, além das classificações já expostas (tipo, controle, abrangência, etapa de ocorrência, origem e natureza), Andrade e Souza (2000) ainda sugerem a classificação das perdas quanto à causa e à forma de incidência e apresentam uma subdivisão das perdas quanto sua natureza:

- Causa: diferentemente da origem, se refere à causa imediata da perda;
- Forma de incidência: refere-se à forma de manifestação da perda, mais específica do que a natureza (ex.: saco de cimento empedrado, material que caiu no chão;

- Natureza: divide as perdas em entulho, incorporada ao produto final (ex.: revestimento de argamassa ou laje de concreto em espessura superior à de projeto) e roubos, as quais, fazendo um paralelo com as naturezas apresentadas anteriormente, podem ser enquadradas nas seguintes classes:
 - Superprodução: entulho e incorporada;
 - Substituição: incorporada;
 - Transporte: entulho;
 - Processamento: entulho e incorporada;
 - Estoques: entulho;
 - Elaboração de produtos defeituosos: entulho;
 - Outras: roubo.

As perdas de materiais podem ocorrer e ter sua origem em todas as etapas identificadas, nas quais podem estar envolvidas diversas áreas da construtora, além da obra, e o fornecedor de material. Sua redução passa necessariamente pelo seu entendimento (PALIARI, 1999) e seu desconhecimento pode aumentar os custos de construção e prejudicar a rentabilidade das empresas, além de frequentemente estarem associadas a baixa qualidade na execução de serviços, resultando em prejuízo à qualidade do produto, redução da produtividade de sua execução, além de maiores impactos ambientais (LANTELME, 1994; SOIBELMAN, 1993; SOUZA; PALIARI, 2006).

As classificações apresentadas acima auxiliam nesse entendimento, mas não resolvem o problema caso a empresa não se disponha a medi-las e atuar sobre as mesmas. Assim como no caso da produtividade, os indicadores de perda podem auxiliar na tomada de decisão sobre definições de orçamento, escolhas tecnológicas, controle do consumo de materiais, organização do trabalho, priorização de ações corretivas e avaliação de impactos ambientais (SOUZA; PALIARI, 2006), além de permitir a comparação do desempenho entre obras, empresas e o setor.

4.2 PERDAS EM CONCRETAGENS

Além da representatividade do concreto enquanto material nos custos de construção, demonstrada no item 1.1.2, a perdas de concreto são especialmente importantes pela sua representatividade na construção. Construções em concreto são

responsáveis por grande parte das perdas de materiais observadas em canteiros (TAM, 2008) e as perdas de concreto por entulho representam grande parte do total gerado de resíduos de construção e demolição (ZORDAN, 1997), enquanto as perdas incorporadas, que estão relacionadas aos desvios na precisão geométrica da estrutura, influenciam o consumo de material dos serviços seguintes como contrapiso e revestimentos internos das paredes e tem impacto sobre o custo e qualidade da obra como um todo.

O cálculo do índice de perda em concretagens é realizado pela divisão do volume de concreto consumido pelo volume de concreto necessário calculado, que guarda a seguinte relação com o cálculo apresentado na Equação 6, onde:

- CUM_{real}: consumo real unitário de concreto, calculado pela divisão do volume de concreto consumido ($V_{Cconsumido}$) pelo volume de estrutura de concreto executada ($V_{Cexecutado}$).
- CUM_{teórico}: consumo teórico de concreto, calculado pela divisão do volume teórico de concreto calculado a partir do projeto ($V_{Cteórico}$) pelo volume de estrutura de concreto executada ($V_{Cexecutado}$).

Equação 9 – Índice de perdas em concretagens

$$IP = \frac{CUM_{real}}{CUM_{teórico}} - 1 = \frac{\frac{V_{Cconsumido}}{V_{Cexecutado}}}{\frac{V_{Cteórico}}{V_{Cexecutado}}} - 1 = \frac{V_{Cconsumido}}{V_{Cteórico}} - 1$$

A maioria dos estudos que levantaram índices de perda em concretagens consideraram o volume consumido igual o volume de concreto entregue pelo fornecedor, contabilizado como sendo igual à soma dos volumes indicados nas notas fiscais de entrega dos caminhões betoneira, embora alguns reconheçam que pode haver desvios entre o volume efetivamente entregue pelos caminhões e o indicado nas notas fiscais (SOIBELMAN, 1993; AGOPYAN et al., 1998).

Quanto ao volume teórico, o mais comum é o cálculo a partir das dimensões dos elementos estruturais em concreto no projeto estrutural, embora Paliari (1999) alerte que para maior precisão, deve-se descontar os volumes de aço e instalações embutidas e contabilizar o volume utilizado para moldagem de corpos de prova e outras finalidades definidas para o dia da concretagem, além do lançamento nos elementos estruturais.

Na literatura relacionada a perdas em concretagens de ERCA são encontradas divisões das perdas de forma similar às classificações apresentadas no item 4.1 (SOIBELMAN, 1993; AGOPYAN et al., 1998; ROSA, 2001; PALIARI et al., 2002; SANTO, 2008), apresentadas a seguir:

- Perda por elemento estrutural em que ocorrem:
 - Infraestrutura: elementos superficiais e profundos;
 - Superestrutura: pilares, lajes e vigas, e a combinação desses, conforme ciclo construtivo adotado;
 - Combinação desses elementos: por tipo, por região, por pavimento, por torre, por empreendimento ou unidade que se queira gerenciar.
- Perda por forma de transporte: caçamba e grua, jericá e elevador, bomba;
- Perdas por etapa de ocorrência: recebimento, transporte e aplicação do concreto e pode ser aplicada às divisões anteriores.

Essas perdas podem ser avaliadas de forma parcial, considerando-se as perdas das classificações apresentadas em cada etapa de ocorrência (ex.: perda de lajes e vigas concretadas com bomba durante a etapa de recebimento) ou de forma global, que podem ser interpretadas como a soma das perdas em todas as etapas de uma concretagem (ex.: perda obtida em um dia de concretagem de pilar) ou como a perda acumulada nas concretagens de um empreendimento (ex.: perda global na concretagem de pilares ou perda global na concretagem da estrutura de uma obra).

Cada um desses indicadores ainda pode ser avaliado estatisticamente, determinando-se valores mínimos, médios, máximos e medianos para a identificação de desvios, valores potenciais de perda e fatores influenciadores.

Para facilitar o cálculo das perdas e a investigação das suas causas, dada a grande variedade de divisões e combinações de elementos e etapas no cálculo, Andrade (1999) sugere uma sequência para avaliação das perdas que otimiza o trabalho da obra.

Primeiramente são avaliadas as sobras de concreto que podem indicar excesso no volume solicitado. Em seguida, permanecendo a dúvida quanto à causa das perdas, determinam-se indicadores de variação dimensional dos elementos estruturais que a obra julgar mais relevante, como a seção real de pilares, largura real

de vigas ou espessura real de lajes, os quais podem indicar perdas incorporadas por imprecisão geométrica da estrutura. Por último, faz-se conferência do volume efetivamente entregue para identificar desvios em relação ao indicado nas notas fiscais dos caminhões.

A sobra de concreto no caminhão pode ser medida através de: disposição em algum recipiente de volume conhecido; cálculo do volume do elemento em que a sobra será aproveitada; estimativa pelo motorista do caminhão, caso não se tenha alternativa.

A avaliação dimensional dos elementos pode ser feita através da determinação da:

- Seção real dos pilares: dado que a medição de todos os pilares demandaria muito tempo, a autora sugere a escolha aleatória de 1/3 do número total de pilares e no mínimo 5 no pavimento em análise. Em cada pilar, medir o comprimento de cada face em 3 alturas diferentes: 30 cm acima do piso, 105 cm acima do piso e 180 cm acima do piso. A medida da face será a média das 3 medições feitas. Utilizar essas medições e multiplicar pela altura dos pilares;
- Largura real das vigas: dado que a medição de todas as vigas demandaria muito tempo, a autora sugere escolha aleatória de 1/3 do número total de vigas e no mínimo 5 no pavimento em análise. Em cada viga, medir a largura da face inferior em 3 pontos distintos: a $\frac{1}{4}$ do comprimento, no meio do comprimento e a $\frac{3}{4}$ do comprimento;
- Espessura real das lajes: dado que a medição de todas as lajes e em diversos pontos demandaria muito tempo, a autora sugere a escolha aleatória de 1/3 do número total de lajes e no mínimo 5 no pavimento em análise. Em cada laje (entendida com a área delimitada por vigas), fazer dois furos para medir a espessura: um no centro da laje e outro a 50cm de um pilar sobre a diagonal que une o pilar ao centro da laje.

Andrade (1999) também fornece instruções práticas de como determinar o volume real de concreto entregue, complementando as indicações presentes na ABNT NBR 7212 (2012) apresentadas no item 2.3.4:

- Acompanhar a pesagem dos caminhões de concreto na central e calcular a soma da quantidade pesada de cada material e dividi-la pela massa específica do concreto, a qual pode ser determinada conforme ABNT NBR 9833 (2008) ou obtida com o fornecedor do concreto;
- Pesar os caminhões betoneira antes e após descarregar o concreto na obra em balança calibrada e dividir a diferença das pesagens pela massa específica, a qual pode ser determinada conforme ABNT NBR 9833 (2008) ou obtida com o fornecedor do concreto. Neste procedimento, deve-se ter alguns cuidados para não ter erro no cálculo do volume, como: não admitir que a água trazida pelo caminhão seja utilizada para outro fim que não correção do traço no balão; a bica e as rodas do caminhão deverão ser lavadas com água da obra.

Há ainda parcelas mais facilmente identificadas, mas que complementam o entendimento dos desvios e o uso dado ao concreto fornecido:

- Volume utilizado para moldagem de corpos de prova: calcular o volume de cada corpo de prova e multiplicar pela quantidade moldada. Caso o volume coletado da amostra seja maior que o necessário para os corpos de prova, ele precisa ser contabilizado ou então devolvido para descarga junto com o restante do caminhão;
- Perda por entulho: contabilização por peso com uso de balança calibrada da obra.

Embora as perdas mencionadas ocorram na obra, durante a concretagem, as causas originais das perdas podem estar relacionadas a etapas anteriores, que envolvam também o fornecedor ou fornecedor e construtora, conforme discutido no item 4.1.

O estudo dos fatores influenciadores, apresentados no item a seguir, ajudam a identificar essas causas e as etapas em que ocorrem, além de auxiliar na investigação da influência da relação entre as empresas sobre as perdas para a proposição de melhorias.

4.3 FATORES INFLUENCIADORES

Conforme Formoso et al. (1996), para que se consiga reduzir as perdas, é preciso identificar suas principais causas. A partir de revisão bibliográfica de pesquisas relacionadas a perdas de concreto ERCA, foram identificados alguns fatores que a influenciam. Esses fatores foram agrupados quanto às etapas de ocorrência das perdas, conforme apresentado no item 4.1, com a etapa de suprimento dividida em fornecimento e aquisição e a etapa de execução dividida em recebimento, transporte e aplicação (Tabela 10).

Alguns dos principais estudos citados na Tabela 10 são explorados a seguir:

- Soibelman (1993) desenvolveu uma das primeiras pesquisas nacionais sobre perdas e abordou 7 tipos de materiais, entre eles, o concreto. A pesquisa avaliou as perdas em 48 concretagens de 3 obras em ERCA, localizadas em Porto Alegre. Os índices de perda foram obtidos pela divisão dos volumes indicados nas notas fiscais de fornecimento de concreto pelos volumes de referência adotados no orçamento das obras, chegando-se em valores que representam perdas incorporadas e por entulho. A principal causa de perda identificada foi a variação dimensional dos elementos estruturais, mas com contribuição significativa de perdas por sobra devido a solicitação superior à necessária e por quantidade de concreto entregue inferior à solicitada, a qual foi estimada pelo autor durante as observações.
- Hong Kong (1993) quantificou e investigou as causas de perdas de concreto em 25 obras diferentes localizadas em Hong Kong. As perdas foram obtidas, assim como em Soibelman (1993), pela comparação entre os volumes das notas fiscais e os volumes de orçamento, obtendo-se, assim, perdas que englobam as incorporadas e por entulho, embora o objetivo do estudo fosse avaliar o entulho gerado. As causas identificadas e suas respectivas representatividades em relação às perdas de concreto levantadas foram: compra maior que a necessária (51,2%), perdas durante a concretagem (22,0%), quebra das formas (8,4%), trabalhos temporários (7,8%), retrabalho (5,2%), outros (5,4%).
- Agopyan et al. (1998) desenvolveram o projeto intitulado “Alternativas para a redução dos desperdícios de materiais nos canteiros de obras” (Projeto

Perdas), o maior estudo nacional sobre perdas de materiais realizado e que contou com a participação de 16 universidades do país e investigou as perdas de 22 grupos de materiais em medições realizadas em mais de 100 canteiros. As principais contribuições do estudo foram a padronização de um método para medição das perdas, o incremento da disponibilidade de dados sobre perdas de materiais e a confirmação das principais causas de ocorrência das mesmas. Com relação ao concreto, as principais constatações foram: a influência do tipo de fôrma (metálica/plástica ou outras), com menor perda nas fôrmas metálicas/plásticas; a maior influência de sobressessuras de lajes nas perdas das concretagens, embora sobressessuras de vigas também sejam relevantes; a influência do tipo de equipamento utilizado para nivelamento da laje (nível laser/nível alemão ou outros), com menor perda nos nivelamento com nível laser ou alemão, embora também dependa da utilização correta desses equipamentos; a influência da forma de transporte do concreto (bombeado ou grua/jerica), com tendência de concretagens bombeadas terem perdas maiores.

- Casali e Santos (2006) investigaram a ocorrência de perdas de agregados, água, aditivo, cimento e de concreto fresco e endurecido em 3 centrais dosadoras de concreto em Florianópolis, através de observações nessas centrais. Foram identificadas perdas relacionadas ao processo de produção do concreto e aos equipamentos utilizados, como: na pesagem dos materiais nas caixas de agregados; no transporte dos materiais pesados, pelas correias, até o ponto de carga; no ponto de carga, durante o carregamento dos caminhões betoneira, devido ao mal posicionado dos mesmos; perda de concreto fresco por sobra nos caminhões retornados das obras. As perdas identificadas após a pesagem dos materiais e antes deles serem despejados no balão do caminho betoneira, no ponto de carga, podem afetar a qualidade do concreto e causar desvios na quantidade de concreto entregue, visto que o traço não foi respeitado.

Tabela 10 – Classificação dos fatores que influenciam as perdas das concretagens

Classificação	Fatores	Referência
Fornecimento (Suprimento)	1. Posicionamento do caminhão betoneira no ponto de carga 2. Proteção das esteiras na central	1. Agopyan et al. (1998) 2. Casali e Santos (2006) 3. Paliari (1999) 4. PINI (2014)

Classificação	Fatores	Referência
	3. Aderência das características do concreto recebido às solicitadas 4. Volume entregue no caminhão inferior ao da nota fiscal	5. Santo (2008) 6. Soibelman (1993) 7. Souza et al. (1998)
Aquisição (Suprimento)	1. Volume solicitado superior ao necessário	1. Casali e Santos (2006) 2. Hong Kong (1993) 3. Kazaz et al. (2015) 4. Paliari et al., 2002 5. Soibelman (1993) 6. Souza et al. (1998)
Recebimento (Execução)	1. Qualidade do balão e de suas facas (concreto preso dentro do balão)	1. Kazaz et al. (2015)
Transporte (Execução)	1. Concreto remanescente na tubulação e cocho da bomba 2. Derramamento no transporte 3. Layout inadequado do canteiro 4. Forma de transporte do concreto	1. Agopyan et al. (1998) 2. Hong Kong (1993) 3. Paliari (1999) 4. Paliari et al. (2002) 5. Santo (2008) 6. Soibelman (1993) 7. Souza et al. (1998)
Aplicação (Execução)	1. Deformação fôrma / escoramento 2. Nivelamento da laje 3. Precisão geométrica das fôrmas 4. Qualidade da fôrma 5. Retrabalho 6. Tipo de equipamento utilizado para nivelamento da laje 7. Tipo de fôrma utilizada 8. Trabalhos provisórios 9. Vencimento do tempo de utilização do concreto	1. Agopyan et al. (1998) 2. Hong Kong (1993) 3. Kazaz et al. (2015) 4. Paliari (1999) 5. Paliari et al. (2002) 6. PINI (2014) 7. Santo (2008) 8. Soibelman (1993) 9. Souza et al. (1998)

Fonte: elaborado pelo autor.

A maioria dos fatores estão relacionados à etapa de aplicação, mais especificamente à precisão geométrica dos elementos construtivos em concreto, enquanto as etapas mais citadas são as de aplicação e de aquisição, com destaque para o fator “volume solicitado superior ao necessário” que aparece em 8 estudos sobre o tema.

Analisando-se as causas imediatas dos fatores, conforme apresentado anteriormente, percebe-se uma responsabilidade dividida entre fornecedor e construtora. No grupo do fornecimento e recebimento, há uma concentração maior de fatores diretamente relacionados ao fornecedor e, no de aplicação, à construtora. Enquanto nos demais grupos, existem fatores diretamente relacionados ao fornecedor (ex.: qualidade do balão e de suas facas, e volume entregue inferior ao da nota fiscal), à construtora (ex.: precisão geométrica das fôrmas e volume solicitado superior ao necessário) e a ambos (ex.: vencimento do tempo de utilização do concreto).

Contudo, essas causas podem possuir origens mais distantes que precisam ser identificadas, pois, a princípio, podem parecer de responsabilidade de apenas um dos agentes, mas serem, na verdade, fruto de uma inter-relação não explícita entre eles.

O fator “volume solicitado superior ao necessário” é um exemplo disso. A origem do erro pode ser devido a falha no levantamento, mas também pode ser um hábito criado de se pedir mais concreto que o necessário por conta da insegurança no volume de concreto entregue.

Investigações como a sugerida por Andrade (1999), apresentada anteriormente, auxiliam na identificação da origem das perdas e, no exemplo citado, ajuda a entender se o a solicitação a mais pela construtora está relacionada à entrega a menos pelo fornecedor, refletindo no índice de perda, calculado conforme Equação 9.

A partir de causas e origens já identificadas em perdas de concretagens, alguns estudos propuseram soluções para reduzi-las, apresentadas no item a seguir.

4.4 SUGESTÕES DE MELHORIA

As sugestões encontradas também foram classificadas de acordo com as etapas de ocorrência das perdas que se propõem a reduzir (Tabela 11). Dois grandes estudos que se destacam na investigação das perdas no canteiro de obras são:

- Projeto GESCONMAT, que contou com a participação de 3 universidades e avaliações de 17 obras de 9 construtoras (SOUZA et al., 2004). Ele complementa o Projeto Perdas na medida em que propõe a implantação de um sistema de gestão do consumo de materiais, pois conforme identificado em Formoso et al. (1998) restava ainda o desenvolvimento de um controle proativo de perdas e que pudesse ser incorporado ao gerenciamento operacional das construtoras. Além da implantação do sistema, foi objetivo criar multiplicadores internos nas empresas para disseminação dos conceitos relacionados à gestão dos materiais para que a preocupação com o consumo e a melhoria contínua do sistema se mantivessem mesmo sem a atuação dos pesquisadores. Como exemplo, em uma das obras avaliadas, as ações corretivas sugeridas foram: realização de reunião com fornecedor para acompanhamento das perdas; prever o uso da sobra de concreto da tubulação em outros elementos;

acompanhamento intensivo da espessura das lajes de concreto durante as concretagens (FARIA, 2006).

- Freire e Souza (2000), a partir das análises das informações coletadas no Projeto Perdas, da identificação das etapas da concretagem em que as perdas de concreto ocorrem e da divisão percentual das perdas em cada uma dessas etapas, propuseram uma série de alternativas de ordem tecnológica e de gestão para redução das mesmas. Ao todo foram feitas 15 sugestões, que ainda tiveram sua influência sobre o consumo de concreto avaliada pelos autores com base na experiência de ambos com o tema.

Tabela 11 – Classificação das sugestões de melhoria para redução das perdas de concretagens

Classificação	Sugestões	Referência
Fornecimento (Suprimento)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Adequar o recebimento à velocidade de concretagem para evitar vencimento do concreto 2. Levantar volume teórico necessário a partir do projeto estrutural 3. Levantamento prévio e preciso do volume teórico 4. Fornecimento de concreto em múltiplos de 0,5m³ ou 0,25m³ 5. Revisar volume de concreto a pedir no último caminhão 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Freire e Souza (2000) 2. PINI (2014) 3. Santo (2008)
Aplicação (Execução)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Controlar espessura da laje durante a concretagem 2. Controle geométrico dos elementos estruturais 3. Discutir perdas com equipe de estrutura para identificação de melhorias 4. Evitar concentração de armaduras e outros embutidos que induzam à sobresspessura 5. Garantir os escoramentos e travamentos 6. Nivelar fôrma antes e durante a concretagem 7. Prever locais para uso de eventuais sobras 8. Qualificação da mão-de-obra 9. Uso de formas de boa qualidade 10. Utilização de equipamentos precisos para nivelamento superficial do concreto 11. Utilizar mestras confiáveis que garantam a espessura das lajes 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Freire e Souza (2000) 2. Pinho (2013) 3. Santo (2008) 4. PINI (2014)
Recebimento (Execução)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Controle da quantidade de concreto recebida 2. Utilizar balança para pesagem dos caminhões 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Freire e Souza (2000) 2. Pinho (2013) 3. PINI (2014)
Transporte (Execução)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Considerar as perdas geradas na escolha do equipamento para transporte do concreto 2. Equipamentos de transporte em bom estado e utilizados de forma adequada 3. Aproveitar concreto que sobra na tubulação e na bomba ao final da concretagem 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Freire e Souza (2000) 2. Pinho (2013) 3. PINI (2014)

Fonte: elaborado pelo autor.

Pela análise da Tabela 11, nota-se que as sugestões estão principalmente relacionadas à solicitação correta de volume, controle geométrico preciso dos elementos concretados, controle do volume entregue de concreto e das perdas no transporte na obra.

Como esperado pela análise dos fatores no item 4.3, há uma maior concentração de sugestões relacionadas a aplicação, com atividades que devem ser realizadas em etapas anteriores à concretagem, durante o planejamento da obra, a preparação da concretagem e o lançamento de concreto.

Em sua maioria, são ações que devem ser implantadas pela construtora, mas há também aquelas que precisam do apoio do fornecedor, como a pesagem de concreto, o fornecimento do volume solicitado em $0,25\text{m}^3$ e $0,5\text{m}^3$, o uso de equipamentos de transporte em bom estado e de forma adequada e o aproveitamento do concreto da sobra da tubulação de bombeamento.

Dado que o cenário de perdas nas concretagens ainda se mantém, apesar das soluções já identificadas, essas soluções podem não estar sendo implantadas, não estar agindo sobre a origem da perda ou, então, são necessárias mais soluções que envolvam o fornecedor, pois como discutido no item anterior, podem existir inter-relações não explícitas entre os agentes que estejam influenciando as perdas. Visto que grande parte depende do envolvimento do fornecedor, a investigação da relação entre ambos deverá contribuir à adoção dessas e de outras alternativas.

4.5 PERDAS E RELACIONAMENTO FORNECEDOR E CONSTRUTORA

As perdas nas concretagens podem ser vistas pelo ponto de vista do fornecedor e pelo da construtora. Para o fornecedor, perdas de concreto ou de seus componentes que ocorram por entulho na etapa de fabricação, como no transporte de material por esteiras, ou na etapa de aplicação por vencimento do concreto e retorno do caminhão à central, são importantes e incorrem também em perdas financeiras, impactando sua eficiência, mas não tem impacto direto, em termos de consumo de material, sobre a construtora.

Já para a construtora, perdas por entulho no transporte do concreto no canteiro ou perdas incorporadas por imprecisão geométrica dos elementos são

importantes e impactam a eficiência da concretagem, mas não a do fornecedor, que recebe pelo volume solicitado pela construtora.

Contudo, a convergência de interesses ocorre em torno do volume de concreto entregue. O fornecedor não quer ter retorno de concreto por sobra, mas para isso depende da solicitação correta de volume pela construtora. Enquanto a construtora não quer comprar concreto além do necessário e quer controlar suas perdas, mas, sem a certeza quanto ao volume de concreto entregue, esse controle é dificultado pois as perdas calculadas pela Equação 9 podem não representar a situação real da obra, visto que o volume consumido, calculado pelas notas fiscais dos caminhões, pode não ser o efetivamente entregue.

A preocupação dos fornecedores e construtoras com o volume de concreto entregue fica evidente por esse tema ser abordado na ABNT NBR 7212 (2012) de produção de concreto dosado em central, a qual estabelece valores limites de variação da dosagem de cada material, a precisão e frequência de calibração necessárias para as balanças das centrais, além de formas de aferição, pela construtora, do volume de concreto entregue.

Um maior controle sobre o volume efetivamente entregue de concreto permitiria uma melhor gestão do consumo de concreto pela construtora, auxiliando na identificação de desvios e definição de ações para sua redução, e contribuiria com a eficiência da operação do fornecedor, mitigando conflitos existentes entre ambos sobre o volume de concreto entregue (KAZAZ et al., 2015).

Percebe-se a importância do relacionamento entre fornecedor e construtora sobre as perdas de concretagem pelos fatores e sugestões levantados. Outros fatores ligados ao relacionamento entre as empresas, suas causas e origens serão investigados no EC e DT para a proposição de novas sugestões que contribuam com a redução das perdas.

5 ESTUDO DE CASO (EC)

Neste capítulo são apresentados a estruturação e os resultados do EC. Na estruturação, são apresentados um resumo da definição de estudo de caso, dos cuidados necessários ao se utilizá-lo, dos instrumentos de coleta de evidência escolhidos e finalidade de cada um, além da sequência em que foram utilizados, os quais podem ser vistos em detalhe no Apêndice A. Nos resultados, é apresentado um resumo das informações compiladas, as quais estão descritas em detalhe nos apêndices B a H.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO EC

Como dito anteriormente, o EC é um procedimento de pesquisa especialmente indicado para os casos em que se quer responder a perguntas do tipo “como” e “por que”, em que os limites entre o objeto de estudo e o contexto não estão claramente definidos. No caso desta pesquisa, as perguntas que se quer responder e o contexto são:

- **Como** o relacionamento entre as empresas influencia a produtividade e as perdas de concreto das concretagens em cada uma das etapas do fornecimento de concreto;
- **Por que** o relacionamento entre as empresas não ocorre da maneira ideal nessas etapas e prejudica a produtividade e perdas de concreto nas concretagens.
- **Contexto:** relacionamento entre fornecedor e construtora nas etapas do fornecimento de concreto, do primeiro ao último contato entre as empresas, sob a ótica da construtora, considerando concretagens em edifícios residenciais em ERCA com concreto dosado em central, bombeado, armação passiva e sistema de fôrma tramado.

Percebe-se forte relação entre as perguntas e o contexto, pois, como visto nas seções 3.5 e 4.5, a relação entre as empresas pode influenciar a produtividade e perdas, que por sua vez também podem influenciar o relacionamento.

Este EC parte das premissas identificadas na pesquisa bibliográfica apresentadas nos itens anteriores de que há ineficiências nas concretagens, as quais

são influenciadas pelo relacionamento entre a construtora e o fornecedor. A partir daí, foram adotados alguns instrumentos de pesquisa para coleta de evidências a fim de responder às perguntas definidas, dado que é uma das vantagens do EC a capacidade de trabalhar com diferentes fontes de informação (YIN, 2001).

Por se limitar ao entendimento do relacionamento entre um fornecedor e uma construtora ao longo do processo de fornecimento de concreto, o estudo se caracteriza como um “estudo de caso único”. Segundo Yin (2001), uma das situações que justifica a utilização do estudo de caso único em uma pesquisa é quando o caso é “revelador”, ou seja, quando o fenômeno em questão ainda não foi estudado. Percebe-se, pelo que foi exposto na justificativa desta dissertação, pelo caráter exploratório da pesquisa e pelo seu foco diferenciado no estudo da produtividade de concretagens, que a mesma se enquadra nessa condição.

É importante ressaltar que o fato de ser um estudo de caso único não o torna menos rico, visto que todo estudo de caso, seja de um ou mais objetos, visa o seu entendimento amplo e detalhado (YIN, 2001). No entanto, para garantir a qualidade do estudo e atingir esse objetivo, Yin (2001) elenca 3 testes aplicáveis a estudos de caso exploratórios que devem ser considerados ao longo de seu desenvolvimento:

- “Validade do constructo” ou adequação das medidas operacionais adotadas no desenvolvimento do estudo;
- “Confiabilidade” ou possibilidade de se repetirem os procedimentos de coleta adotados;
- “Validade externa” ou limites de generalização das descobertas do estudo.

Para garantir a validade do constructo, o autor recomenda:

- O uso de várias fontes de evidências durante a coleta de dados, buscando identificar se há convergência entre as informações;
- Estabelecer um encadeamento de evidências na etapa de coleta de dados;
- Revisar o relatório com as informações extraídas do estudo de caso com informantes chave.

Para garantir a confiabilidade, o autor recomenda:

- Elaborar um protocolo de estudo de caso, documento auxiliar que visa orientar o pesquisador na condução do estudo, que contém uma visão geral do projeto, procedimentos de campo, questões do estudo de caso e um guia para a redação do estudo de caso;
- Criar um “banco de dados” com todos os registros e dados coletados durante o estudo.

Quanto à validade externa, uma das principais críticas aos estudos de caso é que, seja ele de caso único ou múltiplo, sua abordagem fornece uma base frágil para generalização. Contudo, os casos não constituem unidades de amostragem e não se devem fazer generalizações estatísticas dos mesmos, pois, por maior que seja a amostra, muito provavelmente não seriam suficientes para essa generalização (YIN, 2001). Segundo Yin (2001), os estudos de caso se baseiam em generalizações analíticas, nas quais “o pesquisador está tentando generalizar um conjunto particular de resultados a alguma teoria mais abrangente”.

No presente estudo de caso, a identificação das dificuldades e problemas e os momentos em que ocorrem podem ajudar outras construtoras e fornecedores de concreto a atuar sobre eles. Mesmo que haja diferenças no processo de fornecimento, a partir da identificação das causas e da caracterização detalhada de como ele ocorre entre as duas empresas, é possível extrair informações e situações válidas para análise por outras construtoras e fornecedores sem que seja necessário caracterizar estatisticamente o fornecimento de concreto de toda uma população de construtoras e fornecedores. Validando esta colocação, Gil (2008) aponta que:

Os propósitos do estudo de caso não são os de proporcionar o conhecimento preciso das características de uma população, mas sim o de proporcionar uma visão global do problema ou de identificar possíveis fatores que o influenciam ou são por ele influenciados.

Os instrumentos de pesquisa adotados no EC, com ambas empresas, foram a pesquisa documental, entrevistas e observações, os quais se complementaram nas respostas às questões do estudo de caso e na caracterização do contexto, conforme apresentado a seguir.

5.2 PROCEDIMENTO DO EC

O EC foi desenvolvido em 3 etapas principais: preparativos; coleta de dados; e resultados. Nesta seção é apresentado um resumo dos preparativos e da coleta de dados com relação aos instrumentos utilizados, sua ligação com o contexto e as perguntas apresentadas anteriormente (Tabela 12) e o fluxo de desenvolvimento do EC (Figura 10). Essas duas etapas foram definidas com base nas recomendações abordadas na seção 5.1 e são apresentadas em maior detalhe no Apêndice A.

Tabela 12 – Relação dos instrumentos de pesquisa com as questões e contexto do EC

Questões do estudo de caso	Requisitos	Instrumento
Contexto: relacionamento entre fornecedor e construtora nas etapas do fornecimento de concreto, do primeiro ao último contato entre as empresas, sob a ótica da construtora, considerando concretagens em edifícios residenciais em ERCA com concreto dosado em central, bombeado, armação passiva e sistema de fôrma tramado.	Caracterizar as empresas e identificar as áreas envolvidas no processo de fornecimento de concreto	Entrevistas semiestruturadas
	Identificar e caracterizar as etapas do processo de fornecimento de concreto, do primeiro ao último contato entre as empresas, quanto às atividades realizadas, aos envolvidos e ao relacionamento entre as ambas.	Entrevistas semiestruturadas
		Observação sistemática
Como o relacionamento entre as empresas influencia a produtividade e perdas de concreto das concretagens em cada uma das etapas do fornecimento de concreto?	Identificar o impacto direto ou indireto do relacionamento entre as empresas na produtividade e perdas de concreto das concretagens em cada uma das etapas.	Entrevistas semiestruturadas
		Observação sistemática
		Pesquisa documental de fonte primária
Por que o relacionamento entre as empresas não ocorre da maneira ideal nessas etapas e prejudica a produtividade e perdas de concreto das concretagens?	Identificar atividades e principais problemas derivados do relacionamento entre as empresas em cada uma das etapas que impactam a produtividade e perdas de concreto das concretagens.	Entrevistas semiestruturadas
		Observação sistemática
		Pesquisa documental de fonte primária

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 10 – Fluxo de desenvolvimento do EC

Fonte: elaborado pelo autor.

Quanto às entrevistas, foram envolvidas as áreas da construtora e do fornecedor que tinham mais relação com o tema da pesquisa. Outras áreas não indicadas nos organogramas das empresas (Figura 11 e Figura 12) como área administrativa, financeira e jurídica, que também estão relacionadas indiretamente com as concretagens e tem influência no relacionamento entre as empresas, não foram envolvidas para não se abrir demais o escopo das abordagens para assuntos fora do âmbito desta pesquisa.

As informações coletadas de cada etapa do fluxo de fornecimento de concreto foram complementadas e validadas à medida que as entrevistas eram feitas, dado que na maioria das etapas, havia mais de um entrevistado envolvido.

Ao todo, foram realizadas:

- 12 entrevistas com funcionários do fornecedor, pertencentes a 6 áreas diferentes;
- 14 entrevistados com funcionários da construtora, pertencentes a 4 áreas diferentes.

Pessoas envolvidas com o fornecimento de concreto e que não foram formalmente entrevistadas acabaram sendo observadas e consultados brevemente a respeito de suas atividades durante as observações. São eles:

- De áreas do fornecedor:
 - Da área de logística: operador de despacho e operador de programação;
 - Da área de bombas: operador de bombas;
 - Da área de operações: operador da balança e motoristas dos caminhões betoneira;
- Equipe de estrutura;
- Moldador do laboratório de controle tecnológico.

Figura 11 – Organograma com as áreas envolvidas do fornecedor e indicação das que foram entrevistadas em cinza

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 12 – Organograma com as áreas envolvidas da construtora e indicação da que foram entrevistadas em cinza

Fonte: elaborado pelo autor.

Quanto às observações, foram realizadas 4 com o fornecedor e 4 com a construtora. As observações complementaram e confirmaram informações coletadas nas entrevistas, além de contribuir com novas. O detalhamento e objetivo de cada observação estão indicados na Tabela 13 e Tabela 14.

Tabela 13 – Observações realizadas com o fornecedor

Detalhamento	Objetivo
Realizada em duas centrais do fornecedor durante meio período em cada, acompanhando seu funcionamento	Entender as principais estruturas que compõe uma central, o processo de produção do concreto e complementar o entendimento do ciclo de atividades de envio de cada caminhão betoneira.
Realizada durante meio período de dois dias de trabalho de uma central dosadora, acompanhando as atividades do operador da balança e líder da central	Constatar atividades, problemas e dificuldades citadas nas entrevistas e complementar o entendimento de etapas que ocorrem nas centrais e que os funcionários das centrais participam.

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 14 – Observações realizadas com a construtora

Detalhamento	Objetivo
Realizada durante meio período de dois dias de concretagem em obra, acompanhando as atividades de estagiários.	Constatar atividades, problemas e dificuldades citadas nas entrevistas e complementar o entendimento das etapas que ocorrem na obra e que os estagiários que cuidam das concretagens participam.
Realizada durante a avaliação do volume de concreto entregue à obra, solicitada pela construtora, sendo uma vez executada por laboratório de controle tecnológico e outra pelo próprio fornecedor, em obras diferentes.	Complementar o entendimento da etapa de carregamento dos caminhões e dos desvios inerentes à pesagem do concreto nas centrais.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quanto às pesquisas documentais, foram avaliadas 1 fonte de documento do fornecedor e 5 da construtora e, assim como as observações, complementaram o entendimento das informações obtidas nas entrevistas.

As fontes foram escolhidas pelo pesquisador, em função da disponibilidade das mesmas e da contribuição que elas poderiam fornecer ao entendimento das etapas do fluxo de fornecimento de concreto, conforme detalhamento e objetivos indicados na Tabela 15 e Tabela 16 a seguir.

Tabela 15 – Documentos do fornecedor

Documentos	Tipo	Detalhamento	Objetivo
Contrato de prestação de serviço de concretagem	Primário	Modelo contratual utilizado pelo fornecedor.	Checar a existência de cláusulas relacionadas a produtividade e como são abordadas.

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 16 – Documentos da construtora

Documentos	Tipo	Detalhamento	Objetivo
Contrato de prestação de serviço de concretagem	Primário	Modelo contratual elaborado pela construtora.	Checar a existência de cláusulas relacionadas a produtividade e como são abordadas.

Documentos	Tipo	Detalhamento	Objetivo
E-mails de programação de concretagem	Primário	E-mails trocados entre obra e fornecedor ao longo da execução da estrutura de uma obra da construtora.	Avaliar questões relacionadas a programações que não foram citadas pelas partes durante as entrevistas e constatar as citadas.
Tempos de concretagem monitorados pela construtora	Primário	Tempos registrados em fichas de controle de recebimento do concreto pelo moldador do controle tecnológico durante a execução de 6 obras da construtora por 3 fornecedores diferentes, sendo um deles o do EC.	Avaliar estatisticamente e identificar ineficiências no fornecimento e descarregamento do concreto.
Projetos da construtora	Primário	Projetos estruturais e sistemas prediais de 4 obras da construtora.	Checar se volume não descontado de armações e instalações embutidas, na solicitação de volume pela construtora, é representativo.
Dados de pesagem do concreto por balança rodoviária	Primário	Dados de pesagem do concreto obtidos através de balança rodoviária da construtora pela diferença do peso antes do descarregamento e após o descarregamento de concreto de caminhões de 5 obras, ao longo de 3 anos e abastecidas por 3 fornecedores diferentes, sendo um deles o do EC.	Avaliar estatisticamente, identificar desvios inerentes à pesagem do concreto e comparar com referências normativas.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3 RESULTADOS DO EC

Nesta seção são apresentados o resumo das informações obtidas através das entrevistas, observações e pesquisas documentais realizadas, cujos contexto de análise, objetivos e resultados individuais estão apresentados em detalhe nos Apêndices B a H.

Os itens 5.3.1 e 5.3.2 a seguir fazem parte da caracterização do contexto do EC e contém informações a respeito das empresas e etapas do fluxo de fornecimento de concreto.

O item 5.3.3 contém as respostas às perguntas “como” e “porque” do EC, com a identificação das atividades e principais problemas que afetam a produtividade e perdas das concretagens e seus impactos sobre as mesmas.

Essas informações foram a base de entendimento do relacionamento entre as empresas e foram utilizadas e complementadas pelo DT para a proposição sugestões para melhoria da produtividade e redução das perdas no Capítulo 7.

5.3.1 Caracterização das empresas

Para avaliação das empresas, adotou-se como critério: seu tempo de existência, seu porte e regiões em que atua, por permitirem a análise da aplicabilidade das informações coletadas a outros contextos; a existência de certificações e associação a entidades de classe, por dizerem respeito à padronização e controle de seus processos e à busca pelo diálogo e envolvimento com outros agentes; e o histórico de relacionamento entre ambas.

Tabela 17 – Caracterização das empresas

Empresa	Fornecedor	Construtora
Experiência no ramo	Alta (mais de 30 anos de atuação)	Alta (mais de 30 anos de atuação)
Atuação	Nacional nas regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul	Nacional na região Sudeste
Porte	Grande (mais de 500 funcionários)	Médio (entre 100 e 499 funcionários)
Certificações	Sistema de gestão da qualidade	Sistema de gestão da qualidade
Entidade de classe	<ul style="list-style-type: none"> • Instituto Brasileiro do Concreto (Ibracon); • Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP); • Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção (ABRAMAT). 	<ul style="list-style-type: none"> • Sindicato das Construtoras do Estado de São Paulo (Sinduscon-SP).
Histórico de relacionamento	Fornecedor atual das obras em execução pela construtora durante o período de estudo, além de ter mais de 20 anos de fornecimento de concreto para as obras da construtora e ter participado de outros desenvolvimentos junto com a construtora, se mostrando sempre interessado por inovações e melhorias.	

Fonte: elaborado pelo autor.

Além dessas informações, foram construídos organogramas, já apresentados nas Figura 11 e Figura 12, com as áreas das empresas envolvidas na pesquisa para facilitar a associação com as atividades descritas nos itens a seguir e entender a estruturação de ambas.

5.3.2 Etapas do fornecimento de concreto

Para facilitar o entendimento da relação entre as empresas, criou-se um fluxograma do fornecimento de concreto com a indicação das etapas em que cada empresa está envolvida, sob a ótica da construtora, do início da elaboração do cronograma e orçamento da obra até o pagamento do concreto e constatação da resistência (Figura 13 e Figura 14).

A partir das entrevistas, observações e pesquisas documentais indicadas anteriormente, cada uma das etapas foi detalhada quanto a:

- Atividades exercidas pela construtora e pelo fornecedor;
- Áreas da construtora e do fornecedor envolvidas;
- Interações entre construtora e fornecedor;
- Interações da construtora e do fornecedor com outros agentes;
- Principais problemas relatados / identificados;
- Impactos relatados / identificados das atividades e dos problemas sobre a produtividade e perdas das concretagens.

Todas essas informações estão detalhadas no Apêndice B. No item 5.3.3 a seguir estão resumidos apenas as atividades e problemas identificados que afetam a produtividade ou perdas das concretagens e seus impactos sobre as mesmas.

Figura 13 – Fluxograma de fornecimento de concreto

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 14 – Legenda do fluxograma do fornecimento de concreto

	Construtora	Fornecedor
1	Pré-cronograma e orçamento	-
2	Conograma e orçamento	-
3	Estudo logístico pré-obra	-
4	Homologação do fornecedor	Homologação pela construtora
5	Solicitação de proposta	Análise de solicitação
6	-	Análise da capacidade das centrais
7	-	Análise dos traços solicitados
8	-	Caracterização e controle dos materiais
9	-	Estudo de dosagem
10	-	Ajuste e comprovação dos traços
11	-	Cadastro e elaboração da proposta
12	Negociação e seleção	Negociação
13	Contratação	Contratação
14	Estudo logístico de obra	Reunião de início de obra
15	Especificações para o pedido	-
16	Programação da concretagem	Compatibilização das programações
17	Preparativos para concretagem	Preparativos para concretagem
18	Preparação da bomba e tubulação	Envio e preparação da bomba e tubulação
19	-	Carregamento dos pedidos já "liberados"
20	Liberação dos pedidos "a liberar"	Carregamento dos pedidos liberados "a liberar"
21	-	Transporte para a obra
22	Recebimento dos caminhões	Recebimento dos caminhões
23	Controle tecnológico	Controle tecnológico
24	Descarregamento e bombeamento do concreto	Descarregamento e bombeamento do concreto
25	Aplicação do concreto	-
26	-	Retorno do caminhão à central
27	Desmontagem e limpeza da tubulação e bomba	Desmontagem e limpeza da tubulação e bomba
28	Pagamento	Cobrança e faturamento
29	Constatação da resistência	Constatação da resistência

Fonte: elaborado pelo autor

5.3.3 Impacto das atividades e problemas sobre a produtividade e perdas das concretagens

Em cada uma das tabelas a seguir são apresentados as atividades e problemas identificados que afetam as perdas ou produtividade das concretagens e seus impactos sobre as mesmas, para cada uma das etapas mapeadas na Figura 13.

A coluna de “Atividades / Problemas” contém um resumo da descrição dessas atividades e problemas identificados e a coluna “Impacto sobre produtividade/perdas” contém a descrição do impacto dessas atividades e problemas com destaque para o que está sendo afetado, se a **produtividade** ou as **perdas**.

No título das tabelas, consta a indicação do apêndice que contém em maiores detalhes os pontos identificados em cada etapa, no caso de necessidade de consulta para contextualização e melhor entendimento.

5.3.3.1 Pré-cronograma e pré-orçamento / -

Sem atividades ou problemas encontrados com impacto na produtividade e perdas da concretagem.

5.3.3.2 Cronograma e orçamento / -

Sem atividades ou problemas encontrados com impacto na produtividade e perdas da concretagem.

5.3.3.3 Estudo logístico pré-obra / -

Tabela 18 – Resumo Etapa 3 – Fonte: Apêndice A

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> Falta de espaço para posicionamento dos caminhões betoneira e bomba dentro do canteiro de obra ou dificuldade de manter um espaço disponível para os mesmos à medida que a obra avança. 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de espaço no canteiro para os caminhões betoneira e/ou a bomba pode levar a situações não previstas de reclamações de pedestres, vizinhos e dos órgãos reguladores do trânsito, podendo paralisar as concretagens e prejudicar sua produtividade.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.4 Homologação do fornecedor / Homologação pela construtora

Sem atividades ou problemas encontrados com impacto na produtividade e perdas da concretagem.

5.3.3.5 Solicitação de proposta / Análise de solicitação

Tabela 19 – Resumo Etapa 5 – Fonte: Apêndice A

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> Construtora não envia todas as informações dos traços desejados na etapa de solicitação de proposta. 	<ul style="list-style-type: none"> Não passar todas as características dos traços e todos os traços desejados nesta etapa aumenta a chance de se solicitar traços não cadastrados na etapa de programação, podendo atrasar o início da concretagem até o cadastramento dos novos traços, prejudicando sua produtividade, ou inviabilizar a programação no dia desejado, podendo indiretamente prejudicar a produtividade por mudanças no ciclo da estrutura.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.6 - / Análise da capacidade das centrais

Tabela 20 – Resumo Etapa 6 – Fonte: Apêndice A

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<p>Falha na previsão mensal de fornecimento de concreto pelo fornecedor, utilizada para o dimensionamento da equipe de motoristas, devido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> Contratos de fornecimentos de concreto fechados abaixo ou acima do previsto pela área comercial do fornecedor; Área comercial não ter consultado os engenheiros de obra sobre o volume de concreto que será consumido nos próximos meses; Erro na previsão do consumo de concreto para os próximos meses passada pelos engenheiros à área comercial do fornecedor. 	<ul style="list-style-type: none"> Se a demanda real for maior que a previsão, a capacidade de atendimento do fornecedor poderá ser prejudicada. Pode ficar mais difícil conseguir uma programação em horários e dias mais concorridos, devido à menor disponibilidade de equipe, podendo fazer com que uma concretagem que idealmente iniciaria cedo seja programada para mais tarde, com possíveis reflexos sobre sua produtividade. Se a demanda real for inferior à previsão, a equipe do fornecedor poderá ficar ociosa, prejudicando a produtividade do fornecedor.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.7 - / Análise dos traços solicitados

Sem atividades ou problemas encontrados com impacto na produtividade e perdas da concretagem.

5.3.3.8 - / Caracterização e controle dos materiais

Tabela 21 – Resumo Etapa 8 – Fonte: Apêndice A

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> Desvios de slump dos traços por variações nas características dos componentes do concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> Desvios no slump podem demandar mais correções do mesmo na obra ou sua devolução, aumentando tempo de recebimento dos caminhões e a duração da concretagem, reduzindo a produtividade da concretagem.

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
	<ul style="list-style-type: none"> • Esses desvios também podem causar a devolução dos caminhões pela obra, gerando perdas de concreto para a central.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.9 - / Estudo de dosagem

Tabela 22 – Resumo Etapa 9 – Fonte: Apêndice A e F

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> • Diferença entre a quantidade de água definida nos traços durante os estudos, considerando que os agregados não têm umidade, e a quantidade efetivamente adicionada nas centrais, ajustada a partir do controle de umidade dos agregados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Imprecisão nas medições de umidade pela central levam a desvios na quantidade de água adicionada no traço e, conseqüentemente, no volume de concreto entregue, podendo influenciar no cálculo das perdas.
<ul style="list-style-type: none"> • Falha na definição da massa específica do concreto: traço de concreto com composições em kg/m³ dos materiais que ao serem misturados e adensados não rendem 1m³ de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se o desvio na massa específica for para mais, o volume de concreto entregue será inferior ao solicitado, fazendo com que a obra precise solicitar mais concreto para compensá-lo, impactando no cálculo das perdas.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.10 - / Ajuste e comprovação dos traços

Sem atividades ou problemas encontrados com impacto na produtividade e perdas da concretagem.

5.3.3.11 - / Cadastro e elaboração da proposta

Tabela 23 – Resumo Etapa 11 – Apêndice A

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> • Cadastro da obra para fornecimento do concreto feito com pouca antecedência em relação à data da concretagem desejada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Podem surgir problemas relacionados a documentação e disponibilidade de crédito que atrasam o cadastro da obra e a liberação para programação, podendo postergar a data de concretagem desejada e ter impacto indireto na produtividade da concretagem por mudanças no ciclo da estrutura.
<ul style="list-style-type: none"> • Condições especiais de preço ofertadas às construtoras com bom histórico de concretagem. 	<ul style="list-style-type: none"> • Essas condições tendem a melhorar a operação das centrais na medida em que conseguem fechar mais contratos com construtoras de histórico melhor, podendo afetar positivamente a produtividade das concretagens.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.12 Negociação e seleção / Negociação

Tabela 24 – Resumo Etapa 12 – Fonte: Apêndice A

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> Falta de alinhamento da área comercial com as demais áreas do fornecedor quanto às condições de fornecimento combinadas com a construtora. 	<ul style="list-style-type: none"> As condições podem ser desde horário de início da concretagem e prazo para programação a cobrança por multas no caso de atraso, as quais, se não seguidas, podem ter impactos diretos e indiretos na produtividade.
<ul style="list-style-type: none"> Escolha de fornecedores com histórico de atraso ou condições de fornecimento não ideais, pelo benefício financeiro que suas propostas têm em relação às dos demais. 	<ul style="list-style-type: none"> O histórico e condições não ideais podem se repetir, afetando a produtividade das concretagens.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.13 Contratação / Contratação

Tabela 25 – Resumo Etapa 13 – Fonte: Apêndices A e B

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> Modelo de contrato padrão, aplicável a diversas obras, sem cláusulas específicas ou parâmetros claros para controle da produtividade e perdas. 	<ul style="list-style-type: none"> Condições combinadas e não presentes em contrato podem não ser seguidas e não se tem embasamento para cobrá-las, podendo prejudicar o fornecimento de diversas formas e gerar desgaste de relacionamento, impactando indiretamente a produtividade e perdas. As cláusulas podem incentivar ou obrigar um determinado comportamento julgado como ideal entre as partes, podendo melhorar o compromisso com a produtividade das concretagens e melhorá-la e com as perdas das concretagens, para reduzi-las.
<ul style="list-style-type: none"> Falta de alinhamento quanto a cláusulas contratuais relacionadas a obrigações e multas no contrato. 	<ul style="list-style-type: none"> As obrigações podem não ser seguidas e a aplicação de multas pode ser recusada, podendo prejudicar o fornecimento de diversas formas e gerar desgaste de relacionamento, impactando indiretamente a produtividade e perdas. As obrigações e multas relacionadas tem a função de desestimular um determinado comportamento indesejado por uma das partes. A sua não consideração ou falta de entendimento pode prejudicar a produtividade e perdas ao não desestimular o comportamento indesejado, como o prazo limite de pausa no fornecimento ou tempo máximo de trajeto, no caso da produtividade, e sobra de concreto ou envio de certificados de calibração das balanças, no caso das perdas.
<ul style="list-style-type: none"> Falta de alinhamento quanto a qual modelo de contrato adotar: do fornecedor ou da construtora. 	<ul style="list-style-type: none"> Como visto nos modelos de contrato analisados no Apêndice C, as cláusulas e multas previstas são diferentes e mais direcionadas à outra parte do que à própria empresa. Um contrato que só prevê punição ao outro tende a ser desequilibrado, além de não estimular a parceria para ganho de produtividade e redução de perdas para ambas empresas.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.14 Estudo logístico / Reunião de início de obra

Tabela 26 – Resumo Etapa 14 – Fonte: Apêndice A

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> Falta de lugar dentro ou próximo à obra para os caminhões que estão esperando estacionarem. 	<ul style="list-style-type: none"> O caminhão leva mais tempo para iniciar sua descarga após o término do anterior, prejudicando a produtividade da concretagem e o atendimento do fornecedor.
<ul style="list-style-type: none"> Obras dentro de zonas de restrição de circulação e centrais com horário limite licenciado de operação. 	<p>Essas restrições podem afetar a produtividade das concretagens, à medida que:</p> <ul style="list-style-type: none"> Obras localizadas em zonas de restrição possuem um horário limite mais restrito para recebimento de caminhões e podem receber uma atenção especial pelo fornecedor que procura evitar a incidência de multas. Da mesma forma, centrais com horários mais restritos de operação, tem uma urgência maior em terminar suas concretagens sem atrasos para evitar a incidência de multas.
<ul style="list-style-type: none"> Falta de atenção às condições de fornecimento passadas pelo fornecedor à obra na reunião de início. 	<ul style="list-style-type: none"> Podem ocorrer problemas nas primeiras concretagens por conta da falta de atenção, prejudicando sua produtividade, demandando que uma nova reunião seja feita.
<ul style="list-style-type: none"> Dificuldade em prever todos os slumps que serão necessários para bombeamento ao longo da obra. 	<ul style="list-style-type: none"> A obra precisa envolver o fiscal de bomba do fornecedor nas concretagens com bombeamento não previstas inicialmente para não correr o risco de ter problemas no bombeamento, prejudicando a produtividade das concretagens.
<ul style="list-style-type: none"> Falta de clareza quanto às limitações da tabela de slump por comprimento de tubulação vertical e horizontal do fornecedor 	<ul style="list-style-type: none"> As definições da tabela são válidas para tubulações com até uma curva. Caso a montagem da obra tenha mais que uma curva, os slumps indicados podem não ser os ideais e gerar problemas no bombeando, prejudicando a produtividade das concretagens.
<ul style="list-style-type: none"> Envolvimento insuficiente do fornecedor no estudo logístico da obra. 	<ul style="list-style-type: none"> Podem ser tomadas decisões logísticas não otimizadas que afetem a produtividade da concretagem ou que resultem em maiores perdas de concreto.
<ul style="list-style-type: none"> Alterações no estudo logístico em função de novos projetos e interferências entre serviços feitas sem o envolvimento do fornecedor, como feito no início do fornecimento. 	<ul style="list-style-type: none"> Podem ser tomadas decisões logísticas não otimizadas que afetem a produtividade da concretagem ou que resultem em maiores perdas de concreto.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.15 Especificações para o pedido / -

Tabela 27 – Resumo Etapa 15 – Fonte: Apêndices A e E

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> Erro no levantamento de concreto necessário pela obra. 	<ul style="list-style-type: none"> Se o erro for para menos, poderá ser necessário solicitar mais um caminhão ao fornecedor, além da programação realizada. Além de que, por essa entrega não estar na programação inicial, o fornecedor poderá dar prioridade aos caminhões que já estavam programados, aumentando o tempo de entrega do caminhão adicional, prejudicando a produtividade da concretagem. O erro para mais gera perdas de concreto por sobra que irão retornar ao fornecedor para reciclagem ou destinação para aterro.

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> Não desconsideração do volume de armação e sistemas embutidos no cálculo do volume solicitado de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> Como visto no Apêndice E, os volumes de armação e sistemas embutidos representam aproximadamente 2% do volume teórico de concreto calculado a partir das dimensões dos elementos em projeto e sua não consideração influencia no cálculo das perdas e no controle do volume de concreto consumido.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.16 Programação da concretagem / Compatibilização das programações

Tabela 28 – Resumo Etapa 16 – Fonte: Apêndices A, C e D

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<p>Cancelamentos no dia anterior e no dia concretagem, que em geral ocorre por:</p> <ul style="list-style-type: none"> Chuvas fortes no dia ou em dias anteriores; Funcionários que faltam; Quebra de equipamentos na obra (ex: grua e cremalheira); Falta de energia na obra; Problemas na central de concreto; Bloqueio de fornecimento pelo fornecedor. 	<ul style="list-style-type: none"> A prática de cancelamentos pelas obras faz com que os fornecedores aceitem programações além de sua capacidade de atendimento ("overbooking") para que não fiquem com equipe ociosa caso alguém cancele a concretagem ou reduza o volume programado, correndo o risco de não atender bem os clientes, caso ninguém cancele a programação, prejudicando a produtividade das concretagens.
<ul style="list-style-type: none"> Erros no envio da programação pela obra (módulo de rigidez do concreto, código do traço, envio fora de prazo, envio tarde em D-3, envio antes de D-3). 	<ul style="list-style-type: none"> Podem ser necessários ajustes na programação, que se não resolvidos a tempo, podem atrasar ou causar o cancelamento e reprogramação da concretagem, prejudicando a produtividade da concretagem direta ou indiretamente, pois a obra pode não conseguir a programação na data desejada e precisar ficar como encaixe, não tendo uma condição ideal de fornecimento, ou ainda, ter seu ciclo de estrutura afetado.
<ul style="list-style-type: none"> Concentração de programações nas sexta-feiras (lajes) e quarta-feiras (pilares) 	<ul style="list-style-type: none"> Apesar de as centrais ajustarem o número de motoristas em função da demanda por concreto de cada dia e trabalharem com um mesmo percentual máximo de overbooking, a produtividade das concretagens pode ser mais afetada pelo efeito dos pequenos atrasos de uma concretagem nas outras, que podem ser maiores nesses dias por conta da maior demanda.
<ul style="list-style-type: none"> Dificuldade em programar concretagens em semanas com feriado devido à maior concorrência pelas datas disponíveis. 	<ul style="list-style-type: none"> Risco maior da obra não conseguir programar a concretagem no dia e horário desejado, além da demanda maior por concreto pelas centrais, concentrada em menos dias com maior risco de influência de uma concretagem na outra, podem prejudicar o fornecimento e impactar a produtividade da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> Traços de concreto não cadastrados. 	<ul style="list-style-type: none"> Se a área comercial não conseguir cadastrar o traço desejado a tempo, o início da concretagem poderá ser postergado ou a concretagem cancelada e reprogramada, afetando a produtividade da concretagem direta ou indiretamente.
<ul style="list-style-type: none"> Programações de início da concretagem pela obra já contando com o atraso do fornecedor. 	<ul style="list-style-type: none"> Se o fornecedor não atrasar e a obra não estiver pronta para descarregar o caminhão, a obra ficará segurando o caminhão do fornecedor, correndo o risco de ele vencer e a obra ter que esperar por um outro, enquanto o fornecedor fica com o caminhão parado na obra e corre o risco de ter

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
	que fazer mais uma viagem, caso o concreto vença. Como consequência, a produtividade da concretagem poderá ser prejudicada.
<ul style="list-style-type: none"> • Programações de uma mesma concretagem em mais de um dia pela obra para terem duas opções de data de concretagem seguidas, caso precisem cancelar a primeira. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se for uma prática recorrente, pode causar um aumento “virtual” da demanda de concreto e dificultar a programação de concretagens em dias e horários mais concorridos, além de prejudicar a operação do fornecedor. Pode prejudicar indiretamente a produtividade das concretagens ao impedir que uma obra programe sua concretagem no horário desejado por ele já ter sido ocupado pela concretagem duplicada de outra obra.
<ul style="list-style-type: none"> • Indisponibilidade de crédito da construtora perante o fornecedor para realização de programações. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se a área comercial não conseguir regularizar a situação a tempo, pode adiar o início da concretagem ou causar o cancelamento e reprogramação da concretagem, afetando a produtividade da concretagem direta ou indiretamente.
<ul style="list-style-type: none"> • Antecedência de 3 dias exigida pelo fornecedor para concretagem. 	<ul style="list-style-type: none"> • Podem ocorrer imprevistos nesses 3 dias que façam com que a obra precise cancelar a concretagem. Se a concretagem for cancelada, precisarão remarcar para 3 dias após a data do cancelamento, postergando ainda mais a concretagem, ou então remarcar como encaixe nos dois dias seguintes ao cancelamento, não tendo uma condição ideal de fornecimento, afetando a produtividade da concretagem indiretamente.
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de flexibilidade do fornecedor com concretagens canceladas ou programadas com menos antecedência do que a solicitada. 	<ul style="list-style-type: none"> • As obras precisam optar entre encaixe ou agendar para uma data respeitando a antecedência mínima de 3 dias. No caso de encaixes, que não é uma condição ideal de fornecimento e que geralmente inicia do meio para o fim da tarde, as concretagens têm sua produtividade afetada e correm o risco de se estender até tarde.
<ul style="list-style-type: none"> • Indisponibilidade de bomba para programação de concreto bombeado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se a obra optar por manter a data, precisará encontrar outra empresa que forneça a bomba, podendo atrasar o início da concretagem caso não consiga a tempo ou no horário desejado, afetando sua produtividade. • Se a obra optar por alterar a data programada, atrasa o ciclo da estrutura e pode gerar influências indiretas na produtividade das próximas concretagens.
<ul style="list-style-type: none"> • Solicitação pela obra de intervalos entre caminhões inferiores ao que pratica por receio de os caminhões da central serem enviados a outras obras que solicitaram intervalos menores. 	<ul style="list-style-type: none"> • A obra corre o risco de não conseguir descarregar os caminhões a tempo e eles vencerem, além de o fornecedor ficar com caminhões parados na obra. Pode afetar diretamente a produtividade da concretagem caso um caminhão vença ou afetar indiretamente a produtividade de outras concretagens, por segurar os caminhões do fornecedor.
<ul style="list-style-type: none"> • Solicitação pela obra de horário de início anterior ao que pratica por receio de não ser bem atendido se não programar a concretagem para os primeiros horários disponíveis. 	<ul style="list-style-type: none"> • A obra corre o risco de não conseguir descarregar os caminhões a tempo e eles vencerem, além de o fornecedor ficar com caminhões parados na obra. Pode afetar diretamente a produtividade da concretagem caso um caminhão vença ou afetar indiretamente a produtividade de outras concretagens, por segurar os caminhões do fornecedor.
<ul style="list-style-type: none"> • Programação de concretagens no sábado por conta de atrasos no ciclo da estrutura. 	<ul style="list-style-type: none"> • A produtividade das concretagens no sábado pode ser diferente e até melhor que nos dias de semana por conta da menor demanda por concreto da central e do menor trânsito.
<ul style="list-style-type: none"> • Atrasos recorrentes no ciclo da estrutura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Podem impactar indiretamente a produtividade das concretagens ao gerarem cancelamentos das programações.

5.3.3.17 Preparativos para concretagem / Preparativos para concretagem

Tabela 29 – Resumo Etapa 17 – Fonte: Apêndices A e C

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> Preparativos dos elementos que serão concretados, mas que ainda não estão finalizados no dia da concretagem. 	<ul style="list-style-type: none"> A obra pode atrasar o início da concretagem ou deixar os caminhões “a liberar”, que possuem um prazo maior para envio pelo fornecedor, prejudicando a produtividade da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> Demora da obra para receber o fiscal de bomba para a avaliação das condições para a concretagem do dia seguinte. 	<ul style="list-style-type: none"> O fiscal avalia o acesso da bomba, a passagem e travamento da tubulação, a adequação do slump solicitado e o status de preparação dos elementos que serão concretados. A não avaliação de algum desses itens pode prejudicar o início e o bombeamento no dia seguinte, afetando a produtividade da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> Concretagens do dia anterior que atrasam e fazem com que o fornecedor tenha que renegociar os horários de início das concretagens do dia seguinte por conta do intervalo mínimo de descanso que os operadores têm que cumprir. 	<ul style="list-style-type: none"> Inícios mais tardios podem pegar horários de maior atividade da central e com mais influência do trânsito, prejudicando a produtividade da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> Interferências identificadas pelo fiscal da bomba no local de posicionamento da bomba para a concretagem do dia seguinte. 	<ul style="list-style-type: none"> Se o local não for liberado, pode atrasar o início da concretagem, prejudicando sua produtividade.
<ul style="list-style-type: none"> Necessidade identificada pelo fiscal de bomba de alterar o slump do concreto um dia antes da concretagem programada. 	<ul style="list-style-type: none"> Para atualizar a programação, o novo traço de slump maior deve estar cadastrado. Se a área comercial não conseguir alterar a programação a tempo, o início da concretagem poderá ser postergado, afetando diretamente a produtividade da concretagem. Se o traço não estiver cadastrado, o risco é maior, podendo causar o cancelamento e reprogramação da concretagem, afetando indiretamente a produtividade da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> Chuvas fortes. 	<ul style="list-style-type: none"> Chuvas podem atrasar os preparativos para concretagem ou causar seu cancelamento, caso a construtora não consiga compensar o impacto chuva no ciclo da estrutura, podendo impactar no início da concretagem ou na sua data, afetando direta ou indiretamente sua produtividade.
<ul style="list-style-type: none"> Falta de funcionários da equipe de estrutura. 	<ul style="list-style-type: none"> Faltas podem atrasar o término dos preparativos para concretagem ou causar seu cancelamento, caso a construtora não consiga compensar o impacto da ausência dos funcionários, afetando indiretamente a produtividade das concretagens.
<ul style="list-style-type: none"> Falhas de dimensionamento de equipe, equipamentos e ferramentas pela obra. 	<ul style="list-style-type: none"> Influencia a velocidade de aplicação do concreto e, portanto, a produtividade da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> Imprecisão geométrica da fôrma. 	<ul style="list-style-type: none"> Influencia a perda incorporada de concreto.

Fonte: elaborado pelo autor

5.3.3.18 Preparação da bomba e tubulação / Envio e preparação da bomba e tubulação

Tabela 30 – Resumo Etapa 18 – Fonte: Apêndice A

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> • Demora para liberar o acesso da bomba ao canteiro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Esse atraso se soma ao tempo para preparo da bomba e montagem da tubulação, afetando o início e a produtividade da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de alinhamento quanto a atraso da chegada da bomba. 	<ul style="list-style-type: none"> • A obra não é avisada sobre o atraso da bomba e a fica aguardando chegar no horário combinado, com equipe mobilizada, gerando horas de ociosidade da equipe e afetando a produtividade da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de alinhamento quanto a qual diâmetro de tubulação flexível utilizar para o lançamento do concreto: de 4 ou de 5 polegadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • A obra prefere a tubulação de 4 polegadas por ser mais fácil de movimentar e danificar menos a armação e instalações na laje, mas caso o slump solicitado esteja próximo de seu limite de utilização, pode aumentar o risco de entupimento e causar paralisação da concretagem, prejudicando sua produtividade, além de gerar perdas de concreto para o fornecedor.
<p>Atraso no envio da bomba à obra devido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atraso em uma concretagem anterior com o mesmo operador de bomba; • Atraso em uma concretagem mais cedo no mesmo dia, e com a mesma bomba e operador; • Problemas técnicos na bomba. 	<ul style="list-style-type: none"> • Esse atraso se soma ao tempo para preparo da bomba e montagem da tubulação, afetando o início e a produtividade da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> • Bombas que chegam na obra junto ou depois dos caminhões betoneira. 	<ul style="list-style-type: none"> • Atraso para início da concretagem devido ao tempo para preparo da bomba e montagem da tubulação e menor tempo para descarga dos primeiros caminhões, que podem vencer. Tem-se e o efeito do atraso mais o risco do vencimento, que podem afetar a produtividade da concretagem e gerar perdas de concreto para o fornecedor.
<ul style="list-style-type: none"> • Travamento da tubulação mal feito pela obra e não avaliado pelo fiscal de bomba do fornecedor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Podem causar vazamento de concreto pela tubulação e causar a interrupção do bombeamento, prejudicando a produtividade da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de cimento para nata de preparação da tubulação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Esse atraso se soma ao tempo para preparo da bomba e montagem da tubulação, afetando o início e a produtividade da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de acesso e local adequado para bomba. 	<ul style="list-style-type: none"> • Acesso e local inadequados demandam mais tempo para preparo da bomba e montagem da tubulação, podendo afetar o início e a produtividade da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> • Interferência de caçambas, materiais e outros caminhões no acesso à obra e posicionamento da bomba e dos caminhões. 	<ul style="list-style-type: none"> • O tempo para liberação do local de posicionamento da bomba se soma ao tempo para preparo da bomba e montagem da tubulação, afetando o início e a produtividade da concretagem.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.19 - / Carregamento dos pedidos já “liberados”

Tabela 31 – Resumo da Etapa 19 – Fonte: Apêndice A e G

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> Pequenos atrasos de cada obra atendida pelo fornecedor, que impactam uma à outra, em cadeia. 	<ul style="list-style-type: none"> Esses atrasos prejudicam o atendimento pelo fornecedor e como reflexo, geram mais atraso, fazendo com que o atraso de uma obra prejudica uma outra e vice-versa, prejudicando a produtividade das concretagens.
<ul style="list-style-type: none"> Problemas na central de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> O início ou continuação do fornecimento de concreto podem ser interrompidos ou transferidos para uma outra central mais distante, prejudicando a produtividade da concretagem. No caso de transferência, a central mais distante fica sobrecarregada, prejudicando o atendimento das obras que já tinha e além de não atender da forma ideal as novas demandas que assumiu.
<ul style="list-style-type: none"> Falhas de comunicação do GPS dos caminhões betoneira com o software de gerenciamento das entregas. 	<ul style="list-style-type: none"> Essas falhas podem influenciar negativamente na tomada de decisão do operador de despacho quanto a sequência de carregamento, podendo prejudicar e aumentar a duração das concretagens, afetando sua produtividade.
<p>Decisão de carregamento feita pelo operador do despacho, apesar do auxílio do software de gerenciamento das entregas, devido a diversas situações que surgem durante o dia que ainda não estão sob o domínio do software e que devem ser gerenciados pelo operador, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> Horários efetivamente praticados pelas obras; Solicitações da área de bomba; Envolvimento da área comercial pelos clientes; Quebras de central; Outros. 	<ul style="list-style-type: none"> Decisão do operador pode prejudicar uma obra em relação à outra em função dos acontecimentos do dia, afetando a produtividade de sua concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> Insegurança da obra quanto ao real status de carregamento dos caminhões betoneira. 	<ul style="list-style-type: none"> Se a obra não tem confiança no status informado dos caminhões, fica difícil para o engenheiro se planejar quanto a quais medidas tomar acerca da equipe, da condução da concretagem e outras atividades ocorrendo no canteiro, Por falta de informação, o engenheiro pode tomar erroneamente uma decisão que afete a retomada da concretagem, sua duração e, portanto, sua produtividade. Além disso, há o tempo de ociosidade da equipe que também afeta a produtividade da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> Desvios na pesagem dos componentes do concreto, inerentes ao processo e além de limites normativos, que podem incorrer em variações do volume de concreto entregue. 	<ul style="list-style-type: none"> A massa de concreto entregue pode variar além de $\pm 3\%$ definidos na ABNT NBR 7212 (2012), influenciando o volume entregue e o cálculo das perdas.
<ul style="list-style-type: none"> Corte de água na dosagem do concreto fornecido. 	<ul style="list-style-type: none"> Volume de concreto entregue pode deixar de receber de 20L/m³ a 30L/m³ de água a menos que o especificado no traço, dependendo da adição de água que for feita na forca da central e no controle de recebimento na obra, impactando o volume entregue e o cálculo das perdas.

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> • Agregados que ficam presos nas comportas da caixa de agregado ou cimento que fica preso na comporta do silo de cimento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Variações nas pesagens para menos (materiais ficam presos nas comportas) ou para mais (interferência manual para soltá-los) influenciam a massa de concreto entregue, podendo impactar o volume entregue e o cálculo das perdas.
<ul style="list-style-type: none"> • Diferença entre a umidade medida dos agregados miúdos, feita periodicamente, e a umidade real dos mesmos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diferenças entre a umidade medida e a real levam a desvios na quantidade de água dosada na central e, consequentemente, no volume de concreto entregue e no cálculo das perdas.
<ul style="list-style-type: none"> • Momento de fechamento das comportas das caixas dos agregados que serão pesados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode haver um desvio para mais na pesagem dos agregados devido ao tempo de queda dos materiais da caixa de agregado até a balança (ex.: a comporta se fecha quando a pesagem atinge o valor do traço, mas ainda tem materiais em queda e que aumentarão a quantidade pesada), podendo impactar o volume entregue e o cálculo das perdas.
<ul style="list-style-type: none"> • Materiais que caem das esteiras que os transportam das caixas de agregados até o ponto de carga. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduz a quantidade de material que é carregado no caminhão, podendo alterar o volume entregue e o cálculo das perdas.
<ul style="list-style-type: none"> • Materiais que caem fora do funil do balão do caminhão betoneira no ponto de carga. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduz a quantidade de material que é carregado no caminhão, podendo alterar o volume entregue e o cálculo das perdas.
<ul style="list-style-type: none"> • Classe de precisão das balanças e hidrômetros utilizados nas centrais, conforme ABNT NBR 7212 (2012) e pela portaria nº 236/94 do INMETRO. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diferentes classes têm diferentes limites quanto a imprecisão, podendo influenciar a massa de concreto entregue e seu volume, impactando no cálculo das perdas.
<ul style="list-style-type: none"> • Volume entregue inferior ao solicitado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impacta o cálculo e controle das perdas pela obra.
<ul style="list-style-type: none"> • Falta de transparência quanto ao volume entregue nos caminhões. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impacta o cálculo e controle das perdas pela obra.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.20 Liberação dos pedidos “a liberar” / Carregamento dos pedidos liberados “a liberar”

Tabela 32 – Resumo na Etapa 20 – Fonte: Apêndice A

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<p>Demora para envio de caminhões que estavam a liberar. A obra os deixa a liberar quando:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparativos para a concretagem não estarem 100% finalizados; • Quando estão fazendo concretagens em duas frentes; • Quando há algum outro serviço que impacta a concretagem em execução no canteiro; • Não tem certeza quanto ao volume do último caminhão (“caminhão de complemento”) e o deixam a 	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecedor especifica um prazo de tempo mínimo entre a liberação do caminhão e o horário em que se quer recebe-lo para que ele seja inserido dentro da programação. Se o prazo não for respeitado, o caminhão pode não chegar no horário desejado e prejudicar a produtividade da concretagem.

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
liberar até terem a confirmação do volume.	
<ul style="list-style-type: none"> Interrupções no fornecimento de concreto solicitadas pela obra. 	<ul style="list-style-type: none"> Além do atraso pela interrupção, a obra poderá ter um atraso maior devido à concorrência com outras obras quando decidir retomar o fornecimento, prejudicando a produtividade da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> Dificuldade de contato com a central de programação para liberação e interrupção do envio de caminhões. 	<ul style="list-style-type: none"> Pode atrasar o envio de caminhões ou impossibilitar a interrupção do envio de caminhões durante algum problema, causando seu vencimento, prejudicando a produtividade da concretagem e gerando perdas para o fornecedor.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.21 - / Transporte para a obra

Tabela 33 – Resumo da Etapa 21 – Fonte: Apêndice A

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> Instruções pouco detalhadas dadas aos motoristas sobre melhores rotas até a obra. 	<ul style="list-style-type: none"> Motoristas estão mais sujeitos a trânsito, erros de percurso e influência de externalidades, aumentando o tempo de ida e retorno da obra e de ciclo dos caminhões, prejudicando a produtividade das concretagens.
<ul style="list-style-type: none"> Aplicativos móveis de geolocalização não são aplicáveis a caminhões. 	<ul style="list-style-type: none"> Motoristas estão mais sujeitos a trânsito, erros de percurso e influência de externalidades, aumentando o tempo de ida e retorno da obra e de ciclo dos caminhões, prejudicando a produtividade das concretagens.
<ul style="list-style-type: none"> Impossibilidade de instalar centrais próximas aos centros urbanos. 	<ul style="list-style-type: none"> Como consequência, tem-se tempos de transporte e retorno da obra maiores, aumentando o tempo de ciclo dos caminhões, prejudicando a capacidade de atendimento do fornecedor e a produtividade das concretagens.
<ul style="list-style-type: none"> Relevo acidentado do percurso não avaliado antes do início do fornecimento. 	<ul style="list-style-type: none"> Pode gerar perdas por derramamento de concreto do balão do caminhão betoneira durante o percurso.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.22 Controle de recebimento dos caminhões / Controle de recebimento dos caminhões

Tabela 34 – Resumo da Etapa 22 – Fonte: Apêndice A

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> Demora para liberar a entrada dos caminhões no canteiro de obras. 	<ul style="list-style-type: none"> Atrasa o início da concretagem e aumenta o intervalo entre caminhões, além de aumentar o tempo de ciclo dos caminhões, podendo afetar a produtividade da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> Demora para devolução da segunda via da nota fiscal assinada após a descarga para liberar o retorno do motorista. 	<ul style="list-style-type: none"> Atrasa o retorno dos motoristas e aumenta o tempo de ciclo dos caminhões, prejudicando o atendimento do fornecedor e podendo afetar a produtividade da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> Vencimento dos caminhões. 	<p>Pode afetar a produtividade da concretagem, devido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> Espera do próximo caminhão; Ter uma entrega a mais de caminhão; Fornecedor terá que fazer uma entrega a mais, não prevista inicialmente, que pode sobrecarregar o fornecimento e prejudicar o atendimento às obras.

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> • Inversão na ordem de descarga dos caminhões em relação à ordem de chegada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Alterar a ordem de lançamento dos caminhões pode fazer com que o concreto do caminhão que foi deixado para depois vença, podendo afetar a <u>produtividade</u> da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> • Caminhões que chegam antes do horário programado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Caminhões que chegam antes do horário programado correm o risco de vencer caso a obra ainda não esteja pronta para descarrega-lo. Caso isso aconteça, poderá haver impactos sobre a <u>produtividade</u> da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> • Caminhões que chegam antes da bomba. 	<ul style="list-style-type: none"> • Caminhões que chegam antes da bomba correm o risco de vencer devido ao menor tempo que a obra tem para descarrega-lo. Caso isso aconteça, poderá haver impactos sobre a <u>produtividade</u> da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> • Concreto com slump fora de especificação. 	<p>Pode afetar a <u>produtividade</u> da concretagem, pois:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Demanda maior tempo de medição e correção do slump, além do aumento do tempo de ciclo dos caminhões, prejudicando o atendimento do fornecedor; • Além do tempo para medição e correção, pode gerar espera do próximo caminhão caso o concreto seja rejeitado; • Se o caminhão for rejeitado, o fornecedor terá que fazer uma entrega a mais, não prevista inicialmente, que pode sobrecarregar o fornecimento e prejudicar o atendimento às obras.
<ul style="list-style-type: none"> • Concreto com slump fora de especificação que não são devolvidos pela obra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se os caminhões não forem devolvidos, o fornecedor fica sem o retorno sobre qualidade dos traços e da dosagem e, portanto, não tem referência para atuar em cima do problema e reduzir desvios para agilizar o tempo de recebimento pela obra, que impacta na <u>produtividade</u> da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> • Caminhões que atrasam, mesmo a obra tendo feito a programação com o prazo correto e estar com os elementos estruturais prontos para a concretagem. 	<ul style="list-style-type: none"> • Além do atraso, pode prejudicar o planejamento da equipe de estrutura para após a concretagem e gerar insatisfação da equipe, afetando direta e indiretamente a <u>produtividade</u> da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> • Preferência da obra por utilizar o slump no limite superior da faixa solicitada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ao mesmo tempo em que facilita aplicação do concreto pela obra, exige mais tempo para aumento do slump dos concretos que estiverem abaixo do valor desejado, aumentando o intervalo entre caminhões e podendo prejudicar a <u>produtividade</u> da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> • Controle do volume de concreto entregue feito de forma errada pela obra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impacta o cálculo do volume entregue e cálculo das <u>perdas</u>.
<ul style="list-style-type: none"> • Amostra de concreto utilizada para medição do slump. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cada cone para medição do slump necessidade de aproximadamente 5,5L de concreto, que representa 0,07% do volume de um caminhão de 8m³. Mas, além desse volume, há o volume da amostra colhida para medi-lo que acaba sobrando e nem sempre é reaproveitada. A cada nova medição uma nova amostra é colhida e mais concreto deixa de ser lançado na estrutura, influenciando no cálculo das <u>perdas</u>.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.23 Controle tecnológico / Controle tecnológico

Tabela 35 – Resumo da Etapa 23 – Fonte: Apêndice A

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> Amostra de concreto utilizada para moldagem dos corpos de prova (CPs). 	<ul style="list-style-type: none"> Cada CP de 10cm de diâmetro por 20cm de altura têm volume de aproximadamente 1,57L de concreto. Considerando-se 3 CPs moldados por caminhão, o volume de concreto necessário para moldá-los representaria 0,06% do volume de um caminhão de 8m³. Mas além desse volume, há o volume da amostra de concreto colhida para moldá-los, que acaba sobrando e não costuma ser reaproveitada, influenciando no cálculo das perdas.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.24 Descarregamento e bombeamento do concreto / Descarregamento e bombeamento do concreto

Tabela 36 – Resumo da Etapa 24 – Fonte: Apêndice A e D

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> Início tardio frequente em concretagens (média de início entre 9h e 11h). 	<ul style="list-style-type: none"> Além do início tardio, pode prejudicar a produtividade da concretagem ao jogar seu início para um horário de fornecimento mais concorrido e com maior trânsito.
<p>Grande representatividade dos tempos de intervalo (>30%) no tempo total de duração das concretagens, com:</p> <ul style="list-style-type: none"> Obras grandes ($\approx 200\text{m}^3$) com mais intervalos de troca de caminhões (68%), quando o caminhão seguinte já está na obra, do que de atraso de caminhões (32%). Obras pequenas ($\approx 100\text{m}^3$) com divisão de intervalos de troca de caminhões (43%), quando o caminhão seguinte já está na obra, e atraso de caminhões (57%) mais equilibrada. Duração dos intervalos de troca de caminhões, quando o caminhão seguinte já está na obra, são cerca de 80% menores do que dos intervalos de atraso e posicionamento dos caminhões, quando o caminhão seguinte ainda não está na obra. Na média, obras grandes ($\approx 200\text{m}^3$) possuem tempo total de intervalo por concretagem menor que obras pequenas ($\approx 100\text{m}^3$). 	<ul style="list-style-type: none"> O tempo de intervalo varia em função do tamanho da obra e pode ser de dois tipos: de troca de caminhões, a quando o caminhão betoneira seguinte já está no canteiro; e de atraso e posicionamento de caminhões, quando o caminhão betoneira seguinte ainda não está no canteiro. Cada tempo possui um impacto diferente sobre a produtividade, mas, em todos os casos, quanto maior o intervalo, maior seu impacto sobre a produtividade.
<ul style="list-style-type: none"> Casos de caminhões betoneira parados na obra, aguardando o término do caminhão anterior, são significativos quanto à frequência (68% dos casos de intervalo em obras grandes e 32% em obras 	<ul style="list-style-type: none"> Ter caminhões parados na obra esperando o término do descarregamento do anterior beneficia a produtividade da concretagem da obra, mas também pode impactar negativamente, de forma indireta, pois esse tempo ocioso dos caminhões prejudica o atendimento do fornecedor e pode prejudicar também a produtividade da concretagem

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
pequenas) e à duração (36 minutos, em média em obras “grandes” e “pequenas”).	da obra quando uma outra obra estiver segurando os caminhões do fornecedor em seu canteiro.
<ul style="list-style-type: none"> • Velocidade de bombeamento do concreto praticada nas obras é inferior à capacidade nominal de bombeamento das bombas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Quanto maior a velocidade de bombeamento, maior a produtividade da concretagem. As fichas técnicas de modelos usuais de bombas (Tabela 4) indicam que há a possibilidade de realizar bombeamentos mais velozes, desde que observadas também as características do concreto.
<ul style="list-style-type: none"> • A velocidade de concretagem de laje e vigas variam mais do que de pilares, indicando que há maior margem para melhoria das primeiras, considerando-se condições usuais de concretagens. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar a velocidade de concretagem de vigas e lajes, reduzindo sua variabilidade, beneficiaria a produtividade das concretagens.
<p>Erro na especificação do slump por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mal-uso da tabela que relaciona slump e comprimento vertical e horizontal de tubulação por erro da obra ou falha de instrução do fornecedor; • Mal-uso pela obra associado a interesse em economizar com o custo do concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dificulta o bombeamento e aplicação do concreto e pode gerar outros problemas, como entupimento, vazamento, estouro de tubulação e quebra de bomba, podendo prejudicar a produtividade da concretagem.
<p>Entupimento da tubulação por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atrasos entre caminhões; • Vencimento de concreto dentro da tubulação; • Resíduos dentro da tubulação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Afeta a duração da concretagem de formas diferentes, dependendo do caso, prejudicando sua produtividade.
<p>Vazamento de concreto pela tubulação por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conexão entre tubos mal feita; • Travamento da tubulação mal feito; • Pressão excessiva por erro na especificação do slump. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessário interromper a descarga e dar retorno na bomba para esvaziar o trecho com vazamento e refazer a conexão entre as tubulações, prejudicando a produtividade da concretagem.
<p>Estouro de tubulação por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Entupimento da tubulação e tentativa de vencê-lo bombeando concreto; • Tubulação gasta; • Pressão excessiva por erro na especificação do slump. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessário interromper a descarga e dar retorno na bomba para esvaziar o trecho com tubo furado e substituir o tubo por um novo (a equipe de bomba já leva tubos reservas para as obras), prejudicando a produtividade da concretagem.
<p>Quebra de bomba por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pressão excessiva por erro na especificação do slump; • Desgaste da bomba; • “Torrões” ou pedaços não misturados de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Afeta a duração da concretagem de formas diferentes, dependendo do caso, prejudicando a produtividade da concretagem.
<ul style="list-style-type: none"> • Mudanças/ movimentações necessárias na tubulação fixa e flexível durante o lançamento do concreto para preenchimento de todos os elementos estruturais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mudanças e movimentações na tubulação podem ocorrer durante o intervalo entre os caminhões ou durante uma descarga. Neste último caso, aumenta o tempo de bombeamento de um caminhão e impacta a produtividade da concretagem.

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> Problemas com o bombeamento (entupimento, vazamento, estouro de tubulação e quebra de bomba). 	<ul style="list-style-type: none"> Perdas devido ao problema e durante seu reparo (de pequenas perdas ao concreto da tubulação).

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.25 Aplicação do concreto / -

Tabela 37 – Resumo da Etapa 25 – Fonte: Apêndice A e D

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> Aproveitamento do concreto fornecido em outros elementos não previstos inicialmente no volume solicitado. 	<p>Pode afetar a produtividade da concretagem, pois:</p> <ul style="list-style-type: none"> A duração da concretagem aumenta já que se tem um elemento a mais para ser concretado; Pode ser necessário reajustar o volume de concreto do último caminhão ou pedir mais um caminhão e aguardar até que ele chegue e descarregue. <p>Pode afetar as perdas de concreto, pois se esse volume utilizado em outros elementos não for computado no cálculo das perdas, irá causar um aumento no índice de perdas.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Chuvas fortes. 	<p>Pode afetar a produtividade da concretagem, pois:</p> <ul style="list-style-type: none"> Atraso no início da concretagem; Necessidade de interrupção no fornecimento de concreto; Espera-se a chuva diminuir para retomar o trabalho, aumentando a duração da concretagem; O acabamento da laje pode ser afetado, sendo necessário refazer algum trecho, aumentando o tempo de término.
<ul style="list-style-type: none"> Caminhões atrasados que chegam no horário do almoço da equipe da obra. 	<p>Pode afetar a produtividade da concretagem, pois:</p> <ul style="list-style-type: none"> Aumenta o tempo de intervalo; A equipe pode ficar insatisfeita e afetar o ritmo de trabalho.
<ul style="list-style-type: none"> Concretagens que avançam até tarde, especialmente as de maior volume ($\approx 200\text{m}^3$). 	<p>Impacta a produtividade das concretagens direta e indiretamente, pois:</p> <ul style="list-style-type: none"> Tem uma duração maior; Pode ser paralisada por reclamações dos vizinhos; Pode fazer com que os funcionários fiquem insatisfeitos e desmotivados; Pode causar a falta de alguns funcionários no dia seguinte, atrasando o ciclo da estrutura; Pode piorar a qualidade de lançamento do concreto por pressa dos funcionários de ir embora e gerar retrabalhos no dia seguinte, atrasando o ciclo da estrutura; Pode fazer com que os últimos caminhões ainda não tenham dado “pega¹⁸” no dia seguinte, atrasando o ciclo da estrutura. <p>Impacta as perdas de concreto, pois:</p> <ul style="list-style-type: none"> Piora no nivelamento e controle da espessura da laje por insatisfação dos funcionários e pressa para ir embora, aumentando as perdas incorporadas.
<p>Demora na “pega” do concreto devido:</p> <ul style="list-style-type: none"> Variações nas características dos componentes do traço; Erros de dosagem dos aditivos; 	<ul style="list-style-type: none"> Concretos que demoram a dar “pega” podem afetar a produtividade das concretagens diretamente, ao atrasar o acabamento das lajes de concreto, e indiretamente, ao afetar o ciclo de execução da estrutura.

¹⁸ Popularmente entendido como o momento em que o concreto começa a endurecer devido às reações do cimento com a água. Formalmente, os tempos de início e fim de pega do cimento são determinados pela ABNT NBR 16607 (2018).

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> • Mudanças bruscas de temperatura; • Concretagens que acabam tarde. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Imprecisão geométrica do elemento estrutural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Influencia no volume consumido, gerando perdas incorporadas.
<ul style="list-style-type: none"> • Erro no cálculo do índice de perda pela obra. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode influenciar as perdas consideradas nas próximas concretagens e as perdas consideradas nos próximos orçamentos de obra, que se baseiam no histórico de perdas das obras anteriores.
<ul style="list-style-type: none"> • Desconfiança pela obra de ter recebido menos volume de concreto do que o solicitado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Influencia no cálculo do índice de perda e gestão sobre o concreto. Se não se sabe quanto concreto chegou, difícil saber se o consumo foi eficiente e se há desvios na estrutura.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.26 - / Retorno do caminhão à central

Tabela 38 – Resumo da Etapa 26 – Fonte: Apêndice A

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<p>Retorno de concreto das obras por sobras, cerca de 1% do volume total solicitado, que ocorre por:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Imprecisão geométrica das fôrmas; • Erros no levantamento de concreto necessário; • Desperdícios e desvios de uso do concreto; • Dificuldade em determinar a quantidade real de concreto recebido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gera perdas de concreto para o fornecedor e custos com destinação.
<ul style="list-style-type: none"> • Desconfiança pela obra de caminhões que voltaram para a central sem ter descarregado todo o concreto, por pressa do motorista. 	<ul style="list-style-type: none"> • Influencia o volume entregue e o cálculo do índice de perdas pois a obra terá que solicitar mais concreto para compensar o volume que não foi descarregado.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.27 Desmontagem e limpeza da tubulação e bomba / Desmontagem e limpeza da tubulação e bomba

Tabela 39 – Resumo da Etapa 28 – Fonte: Apêndice A

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> • Restos de concreto da tubulação de bombeamento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Podem gerar perdas por entulho caso não sejam reaproveitados pela obra.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.28 Pagamento / Cobrança e faturamento

Tabela 40 – Resumo da Etapa 28 – Fonte: Apêndice A

Atividades / Problemas	Impacto sobre produtividade/perdas
<ul style="list-style-type: none"> Cobranças indevidas de fornecimento de concreto. 	<ul style="list-style-type: none"> Caso a situação não seja regularizada ou a nota paga, pode gerar bloqueio de fornecimento e cancelamentos das concretagens programadas, podendo impactar indiretamente a produtividade da concretagem.
<p>Atraso de pagamento de concreto por:</p> <ul style="list-style-type: none"> Cobranças indevidas. Demora no processo de pagamento da construtora; Esquecimento pela obra; Prazos de envio de notas fiscais dos caminhões fornecidos e de pagamento, praticados pelo fornecedor, incompatíveis com os prazos da construtora. 	<ul style="list-style-type: none"> Caso a situação não seja regularizada ou a nota paga, pode gerar bloqueio de fornecimento e cancelamentos das concretagens programadas, podendo impactar indiretamente a produtividade da concretagem.

Fonte: elaborado pelo autor.

5.3.3.29 Constatação da resistência / Constatação da resistência

Sem atividades ou problemas encontrados com impacto na produtividade e perdas da concretagem.

6 DESIGN THINKING (DT)

Neste capítulo são apresentados uma caracterização do DT, um resumo da abordagem adotada para seu desenvolvimento, descrita em mais detalhes no Apêndice I, e seus principais resultados.

6.1 CARACTERIZAÇÃO DO DT

Embora tenha surgido de uma evolução do conceito de design e de design centrado no ser humano, os quais vem evoluindo desde a década de 60, o primeiro uso do termo ocorreu em 1999 pela IDEO¹⁹, empresa internacional especializada em design e consultoria em inovação. Mas, é a partir de 2008 com a publicação do artigo “Design Thinking” na Harvard Business Review por Tim Brown (BROWN, 2008), CEO da IDEO, que o DT tem seu primeiro contato com o mundo corporativo.

No Brasil, o primeiro artigo sobre DT foi publicado em 2009, o primeiro workshop sobre o tema ocorreu em Porto Alegre no ano de 2010 e, no mesmo ano, foram criados os primeiros cursos de DT, ofertados pela Escola Superior de Propaganda e Marketing (ESPM) em São Paulo²⁰. Os conceitos e definições aqui apresentados são os disseminados mundialmente pela empresa IDEO e no Brasil pela ESPM.

O DT é uma combinação de processos, métodos, ferramentas e formas de pensar que tem proporcionado bons resultados na criação inovadora de produtos, processos, modelos e serviços em diferentes áreas (CAVALCANTI, 2015; BROWN, 2008) e que tem tornado o processo de inovação mais eficiente nas empresas que o adotam (SCHMIEDGEN et al. 2015).

Pode ser definido como uma abordagem multidisciplinar voltada para a resolução de problemas, apoiada em empatia, colaboração e experimentação e que enxerga e avalia as soluções sobre três lentes: a das pessoas, para identificar aquilo que é desejado; a da tecnologia, para identificar aquilo que é possível; e dos negócios, para identificar aquilo que é rentável²¹.

¹⁹ Site da empresa: www.ideo.com

²⁰ Evolução do Design Thinking e sua inserção no Brasil foram apresentadas no curso “Inovação e Design Thinking” realizado pelo pesquisador na Escola Superior de Propaganda e Marketing (ESPM) entre 22 e 31 de Janeiro de 2018.

²¹ Conceito apresentado no curso “Inovação e Design Thinking” realizado pelo pesquisador na Escola Superior de Propaganda e Marketing (ESPM) entre 22 e 31 de Janeiro de 2018.

A principal diferença entre o DT e o pensamento acadêmico é justamente a empatia e a busca por transformar observações e constatações em oportunidades, e as oportunidades em produtos e serviços que melhorem a vida das pessoas e organizações (BROWN, 2017).

A produtividade e perdas nas concretagens são temas conhecidos, com diversos trabalhos publicados a respeito, mas cuja ineficiência ainda perdura nas construções nacionais. O DT pode contribuir com essa questão ao propiciar novas formas de pensar soluções, diferentes da forma atual que ainda convive com o problema, se apoiando em empatia, colaboração e experimentação (VIANNA et al.; 2012).

Assim como no EC, o DT foi conduzido com a participação de integrantes da construtora e do fornecedor de concreto, além de outros agentes envolvidos direta ou indiretamente com as concretagens e as justificativas para sua adoção são apresentadas a seguir:

- a) Importância da inovação no incremento da produtividade na construção, como demonstrado em 1.1.1;
- b) Alinhamento com tema e objetivos da pesquisa, apresentados em 1.2 e 1.3;
- c) Alinhamento com os objetivos do programa de mestrado, apresentados em 1.4.1;
- d) A empresa construtora em que o pesquisador trabalha já ter aplicado com sucesso essa abordagem para soluções de problemas em outras duas oportunidades anteriores a esta, sendo reconhecido como mecanismo de inovação e entrega de soluções alinhadas com as necessidades dos clientes;
- e) A participação de pessoas envolvidas com o tema contribuirá com os resultados da pesquisa, complementando a análise do pesquisador, e aumentando as chances de as sugestões propostas serem efetivamente implementadas.

Quanto à sua estruturação, segundo Brown (2017), não há uma “melhor forma” de se conduzir o DT, mas em geral, a abordagem passa por etapas de:

- Inspiração ou imersão, processo de criar empatia e entendimento do problema;
- Idealização, em que se criam e testam ideias, divididas por alguns autores em (VIANNA et al.; 2012):

- Ideação, etapa em que as ideias são criadas;
- Prototipação, etapa em que as ideias são testadas;
- Implantação, que consiste na introdução da inovação no mercado.

Neste trabalho, dado que não se tem como objetivo implementar as sugestões de melhoria da produtividade e redução das perdas derivadas do DT, as etapas que serão desenvolvidas serão a de Imersão, Ideação e de Prototipação.

6.2 PROCEDIMENTO DO DT

O DT foi desenvolvido em 4 etapas principais: preparativos para os workshops; coleta de dados; realização dos workshops; e compilação dos resultados.

Os workshops foram definidos de forma que cada um contemplasse uma das etapas de imersão, ideação e prototipação. Entre o 1º workshop, de imersão, e o 2º workshop, de ideação, ocorreram as entrevistas, observações e pesquisas documentais do EC, que contaram algumas perguntas e pontos específicos a serem observados do DT. A abordagem se encerrou no 3º workshop, onde as ideias finais que foram propostas foram discutidas entre os grupos.

A Figura 15 contém o fluxo de desenvolvimento da abordagem e no Apêndice I estão as informações detalhadas sobre os preparativos dos workshops, da forma de coleta de dados e da estruturação dos workshops.

Figura 15 – Fluxo de desenvolvimento da abordagem do DT

Fonte: elaborado pelo autor

Todos os workshops foram conduzidos e estruturados pelo pesquisador, que atuou como um facilitador dos encontros. Como dito anteriormente, participaram

representantes da construtora, do fornecedor e de outros agentes ligados às concretagens com visões que se complementaram na identificação dos desafios e soluções para aumento da produtividade e redução das perdas das concretagens. Os participantes convidados e os agentes representados estão indicados na Tabela 41.

Tabela 41 – Relação dos agentes e respectivos representantes convidados a participar do DT

Agentes	Representantes
Construtora	1. Diretor técnico 2. Diretor de obras 3. Gerente de obras 4. Coordenador de orçamento e planejamento 5. Gerente de qualidade 6. Engenheiro de suprimentos
Consultor em tecnologia do concreto	2 consultores que já trabalharam com a construtora
Consultor em produtividade de concretagens	1 consultor que já trabalhou com a construtora
Equipe de estrutura	Gerente da equipe de estrutura da construtora
Fornecedor de concreto	1. Gerente comercial 2. Coordenador comercial 3. Coordenador de logística 4. Vendedor comercial 5. Líder de central
Laboratório de controle tecnológico	Coordenador de controle tecnológico em obra de um dos laboratórios com que a construtora trabalha
Projetista estrutural	Engenheiro projetistas de um dos escritórios com que a construtora trabalha

Fonte: elaborado pelo autor.

Contudo, nem todos os convidados puderam comparecer a todos os encontros. Além disso, a construtora representou tanto a figura do construtor quanto da equipe de estrutura, através de um gerente da área de mão-de-obra que gerenciou equipes de estrutura da construtora e fazia medições de produtividade de concretagens, execução e armação e fôrmas, embora hoje não tenha mais essas equipes. A frequência e participações em cada workshop está indicada na Figura 16.

Figura 16 – Frequência de participação do workshop

Fonte: elaborado pelo autor.

Percebe-se que a maioria dos participantes eram da construtora, por serem da mesma empresa que o pesquisador e pelo fato de os encontros terem sido feitos na própria construtora, facilitando sua presença. Ainda assim, todos os encontros tiveram participação de ao menos quatro outros agentes e sempre teve, no mínimo, a participação de dois representantes do fornecedor.

Para que a visão da construtora não prevalecesse sobre a dos demais agentes, dado o desbalanceamento entre os participantes, o facilitador dos encontros, no caso o pesquisador, buscou trazer informações das entrevistas e observações para complementarem o lado do fornecedor e dar exemplos práticos de situações em que tanto a construtora quanto o fornecedor eram prejudicados por problemas do relacionamento entre ambos.

Na seção a seguir, inicia-se a apresentação dos resultados do DT.

6.3 RESULTADOS DO DT

O DT, além de buscar entender e propor soluções aos desafios que envolvem a melhoria da produtividade e redução das perdas das concretagens, em conjunto

com os demais agentes, estimulou o pesquisador a buscar formas alternativas de interpretar as informações das entrevistas, observações e pesquisas documentais do EC, buscando extrair inspirações e possíveis assuntos que poderiam ser explorados nos workshops em conjunto com os demais agentes.

Embora tenha convergido e abordado menos problemas (desafios definidos em 6.3.1.2 e 6.3.2.2) que os mapeados no EC, os desafios do DT foram mais discutidos, foram escolhidos pelos participantes e contemplam diferentes visões sobre o tema, o que lhes dá relevância. As demais questões levantadas durante a definição dos desafios também complementaram o entendimento das etapas de fornecimento de concreto caracterizadas no EC e auxiliaram na identificação da influência do relacionamento entre as empresas sobre a produtividade e perdas das concretagens, indicados no nos itens 7.1.1 e 7.1.2.

Quanto às ideias propostas, a quantidade gerada foi grande (itens 6.3.2.3 e 6.3.2.4), embora com diferentes níveis de desenvolvimento e aplicabilidade, e, apesar de ter se convergido para três ideias principais e mais detalhadas (6.3.3.1), as demais ideias também contribuíram com a proposição final das sugestões feitas pelo pesquisador, apresentadas nos itens 7.1.2 e 7.2.

6.3.1 Resultados do primeiro Workshop – Imersão

O objetivo do primeiro workshop foi explorar o entendimento dos participantes com relação aos fatores ligados ao relacionamento entre as empresas que afetam a produtividade e perdas das concretagens, iniciando a discussão pela percepção individual de cada um sobre os principais problemas nesse relacionamento, passando para discussões em grupo.

Este workshop teve dois resultados principais:

- Relação de queixas e pontos que poderiam ser melhorados no fornecedor ou na construtora, segundo a percepção individual de cada participante;
- Desafios principais que devem ser solucionados para que se aumente a produtividade e reduza as perdas em concretagens, os quais foram utilizados no 2º workshop para geração de ideias.

Esses resultados são apresentados nos itens a seguir.

6.3.1.1 O que te incomoda sobre o outro lado – queixas dos participantes

Para facilitar a análise, as queixas foram divididas em função do agente que as escreveu e por grupo de fatores apresentados em 3.3. Para contemplar todos os comentários, foram adicionados dois novos grupos: relacionamento e contrato; que reforçam a importância de se melhorar a relação entre as empresas e a importância do contrato como ferramenta para isso.

Tabela 42 – Queixas com relação a produtividade

Fatores	Construtora	Fornecedor	Demais agentes
Projeto do produto	-	-	Projeto de armação com ferragem que atrapalha a distribuição do concreto.
Características do material	-	-	-
Equipamentos e ferramentas	-	-	-
Mão-de-obra	-	-	-
Planejamento da concretagem	Falta de planejamento e autocrítica pela obra, que tende a sempre culpar o fornecedor.	Falhas de dimensionamento de equipe, equipamentos e ferramentas pela obra.	
Programação da concretagem	Antecedência solicitada pelo fornecedor para programação pode gerar cancelamentos devido a imprevistos entre a programação e a concretagem.		Atraso na liberação do início da concretagem por parte da construtora. Interrupções durante a concretagem pela construtora. Antecedência solicitada pelo fornecedor para programação pode gerar cancelamentos devido a imprevistos entre a programação e a concretagem
Preparação para concretagem	Atraso no envio da bomba pelo fornecedor.	Falta de programação, organização do canteiro, precauções no caso de imprevistos e definições de logística.	
Fornecimento de concreto	Atrasos no horário do início e término das concretagens pelo fornecedor. Concreteira deveria ter em seu plano uma folga para atender a urgência da obra.	-	Atraso na entrega do concreto por parte do fornecedor. Dificuldade do fornecedor em ser preciso com o horário de envio dos caminhões.
Condução da concretagem	Ter que mudar de slump no dia da concretagem devido à bomba não conseguir	Falta de entrosamento entre as atividades da obra e das obras com o fornecedor.	Entupimento da tubulação.

Fatores	Construtora	Fornecedor	Demais agentes
	transportar o concreto no slump solicitado.	Falta saber cobrar tanto a equipe de obra quanto os motoristas e operadores de bomba para maior produtividade.	
Condição do canteiro	Falta ajuda do fornecedor no estudo de logística da obra. Falta de organização do canteiro para privilegiar um lançamento produtivo de concreto.	-	Canteiros com pouco espaço para estacionamento da bomba e dos caminhões betoneira.
Relacionamento*	Falta visão das atividades subsequentes à concretagem pelo fornecedor e entendimento do impacto da concretagem nelas. Falta comprometimento do fornecedor com o cronograma de concretagem da obra e do entendimento de sua importância para as demais atividades. Falta de entendimento de ambos de que se a produtividade da concretagem aumentar, os dois lados ganham. Falta de transparência quanto ao envio dos caminhões. Excesso de burocracia. Falta de pensamento de parceria entre fornecedor e obra.	Falta de responsabilidade e de atitude, pela construtora, sobre problemas relativos a obra que impactam nas concretagens.	-
Contrato*	Falta compartilhamento da garantia da resistência do concreto Falta gerar contratos com parcerias reais, com as partes se comprometendo com o sucesso da obra Contrato com cláusulas desequilibradas	-	-

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 43 – Queixas quanto a produtividade com relação ao material

Fatores	Construtora	Fornecedor	Demais agentes
Produção	Falta segurança na dosagem pelo fornecedor. Falta garantia do volume de concreto entregue na obra pelo fornecedor e,	-	Diferença entre o volume das notas fiscais e o carregado nos caminhões.

Fatores	Construtora	Fornecedor	Demais agentes
	quando há desvios, é sempre para menos.		
Aplicação	-	Erro no preparo das fôrmas (desalinhadas e desniveladas).	-
Recebimento	-	-	-
Transporte	-	-	-
Relacionamento*	Sempre que há problemas com volume, a construtora que deve provar o erro. Falta de transparência quanto à pesagem dos caminhões.	-	-

Fonte: elaborado pelo autor.

6.3.1.2 Desafios preliminares

Os desafios principais definidos pelos grupos no primeiro workshop foram:

- Como podemos ajudar as empresas a estabelecerem requisitos de contrato levando em conta as necessidades de ambas as partes com foco em parceria / eficiência para melhorar as concretagens?
- Como podemos ajudar a concreteira a transmitir mais confiança no processo de fornecimento de concreto, de modo que o volume comprado seja igual ao volume entregue na obra e especificações técnicas sejam atendidas, aumentando a eficiência no consumo de concreto?
- Como podemos ajudar a obra a planejar o canteiro e logística das concretagens de forma que melhore a eficiência das concretagens para a obra e para o fornecedor?

6.3.2 Resultados do segundo Workshop – Ideação

O workshop de ideação teve como objetivo atualizar os desafios definidos no encontro anterior, com base em parte das informações coletadas no EC, as quais foram apresentadas aos participantes, para, então, iniciar a geração de ideias para solucioná-los, por meio de dinâmicas que estimulam a criatividade individual e em grupo.

Os principais resultados deste workshop foram:

- Debate sobre a visão que uma empresa tem sobre a outra;
- Debate sobre o que seria uma concretagem ideal, na visão das empresas;
- Definição dos desafios atualizados;
- Geração de ideias pelos grupos.

Esses resultados são apresentados nos itens a seguir.

6.3.2.1 Debates sobre a visão das empresas

Os funcionários entrevistados de ambas empresas e os participantes do workshop foram questionados quanto ao que mudariam na construtora ou no fornecedor para melhorar as concretagens. As respostas dadas pelos representantes da construtora e dos fornecedores e também pelos demais agentes participantes foram similares e, portanto, foram agrupadas:

- Se pudesse mudar o outro (respondido por fornecedor, construtora e demais agentes):
 - Reforçaria que possuem interesses em comum;
 - Reforçaria senso de cooperação;
 - Criaria empatia pelo outro lado;
 - Melhoraria comprometimento com as programações;
 - Melhoraria a pontualidade das concretagens;
 - Aumentaria a transparência nas atividades;
 - Reduziria burocracia nas atividades;
 - Focaria na resolução de problemas e menos na identificação de culpados;
 - Teria mais flexibilidade na resolução de problemas e no caso de imprevistos.
- Se pudesse mudar a si próprio (respondido por fornecedor e construtora):
 - Treinaria melhor as equipes envolvidas nas concretagens;
 - Reduziria burocracia nas atividades;
 - Aumentaria transparência nas atividades;
 - Reforçaria relação de parceria;

- Reduziria interferências no andamento das concretagens.

O mesmo ocorreu quando entrevistados e participantes foram questionados quanto à sua definição de concretagem ideal:

- Definição de concretagem ideal:
 - Aquela em que o planejado quanto a data, horário, custo, volume, qualidade e segurança é realmente executado;
 - Aquela em que questões burocráticas de atividades de apoio não atrapalham seu andamento.

6.3.2.2 Desafios finais

Desafios atualizados em relação ao encontro anterior:

- a) Como podemos ajudar as empresas a estabelecerem requisitos de contrato levando em conta as necessidades de ambas as partes com foco em parceria / eficiência para melhorar as concretagens?
- b) Como podemos ajudar a concreteira e a construtora a transmitirem / terem mais confiança no processo de fornecimento de concreto, de modo que o volume comprado seja igual ao volume entregue e as especificações técnicas sejam atendidas, aumentando a eficiência no consumo de concreto?
- c) Como podemos reduzir o tempo de betoneira na obra de forma a ter consistência e praticar relação ganha-ganha entre fornecedor e obra?

6.3.2.3 Ideias geradas

A seguir são apresentadas as ideias geradas pelos grupos, separadas por afinidade e listadas em ordem decrescente de relevância (as de cima foram consideradas mais relevantes que as de baixo pelos grupos para solução dos desafios). Neste ponto, não foi feita uma análise quanto à viabilidade de adoção das ideias geradas. Todas as sugestões dos grupos foram registradas, sem filtros pelo pesquisador.

Ao final deste workshop, os grupos ainda não haviam escolhido a ideia central que seria a ideal para a resolução de cada desafio e que combinasse pontos positivos das demais ideias. Isso foi feito no terceiro workshop.

Tabela 44 – 17 ideias geradas a partir do desafio atualizado “a”

Contrato (8 ideias)	Órgão Público (2 ideias)	Tecnologia (7 ideias)
Workshop pré-obra para analisar questões logísticas, de cronograma, de características do concreto e de vizinhança	Considerar concreto como um material especial, perecível, e que por isso precisa de condições especiais para seu transporte (ex.: andar em faixa de ônibus, não ter restrição de circulação).	“Traço único” de concreto que sirva para várias obras para facilitar realocação de destino da entrega em caso de interrupções/postergações.
Cláusula de custo variável por tempo de utilização de CBs e bomba pela obra	Local para estacionamento de CBs negociado com a prefeitura	Traços com pega retardável e “reativável” que possa ser aproveitado em várias obras
Reunião para comprometer as equipes com os requisitos de contrato		Traço único para minimizar erros na especificação e recebimento de concreto nas obras
Cláusula de cobrança com preço dinâmico de fornecimento de concreto por hora x dia da semana		Caminhões com sensor para determinar o volume de concreto com possibilidade de “impressão” digital de ticket via aplicativo
Penalidades x benefícios para ambos os lados em função do cumprimento da programação da concretagem		Inteligência artificial para balancear os recursos das concretagens (automatizar a logística de despacho)
Contrato com seguro garantia que cubra recuperação da estrutura por desvios de qualidade do concreto e atrasos de obra relacionados		Uber ²² do concreto (motoristas independentes que fornecem concreto com base em preço dinâmico por hora x data x histórico)
Cláusula de reajuste do preço do concreto por INCC		Sensores dentro do concreto fresco para monitoramento de suas características no estado fresco e endurecido
Preços variáveis de concreto para os clientes em função do cumprimento da programação e agilidade no lançamento		

²² “Empresa multinacional americana prestadora de serviços eletrônicos na área do transporte privativo urbano. A ideia se refere à forma como o serviço é prestado: “os motoristas Uber não cobram diretamente por carona, mas recebem uma remuneração diretamente da empresa, que observa na formação de seus preços a relação de oferta de motoristas conforme a demanda dos usuários e baseando-se também na duração e distância da corrida, o que permite uma alocação mais inteligente - e econômica - do transporte urbano, essa alocação inteligente é a base de lucros da empresa” disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Uber> acessado em 2019

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 45 – 30 ideias geradas a partir do desafio atualizado “b”

Tecnologia (13 ideias)	Boas práticas / políticas (12 ideias)	Execução (5 ideias)
Padronizar os balões dos caminhões betoneira com marcas para fazer inspeção visual do concreto.	Concreteira com balança rodoviária na central para pesagem de 100% dos CBs e emissão de ticket de pesagem dos mesmos antes de irem para a obra.	Fazer o lava-rodas da obra com balança para pesar todos os CBs na chegada e saída da obra.
Câmera com leitura integrada com projetos BIM para medição do volume de concreto recebido e contabilização nos elementos estruturais.	Compartilhar informações de segurança com o cliente.	Maior precisão geométrica na fôrma do elemento concretado pela construtora.
Lacre na boca do balão do CB.	Transparência nas manutenções e nos estados dos equipamentos da concreteira: calibração das balanças, facas dos caminhões em bom estado, etc; com possibilidade de acesso a essas informações pela construtora via internet.	Maior comprometimento da construtora com o que foi programado.
Escaner a laser ou por imagem da volumetria interna do balão do caminhão para determinação do volume de concreto entregue.	Desenvolver hidrômetro para medição do volume de concreto entregue com ajuste de traço.	Levantamento do volume de concreto que será solicitado pela fôrma e não pelo projeto estrutural.
Entrega compartilhada de concreto com mesmos traços para diferentes obras.	Treinamento e certificação dos funcionários da concreteira: motoristas, laboratórios, etc; para maior precisão na dosagem do concreto e gerar menos desperdício.	Ter solução para utilizar a perda do concreto na obra, como guias, lastro, proteção mecânica, capas de muro, pisadas de escada.
Aplicativo para acompanhamento da situação da fôrma / armação antes do início do fornecimento de concreto.	Oferecer visitas periódicas dos construtores às dependências da concreteira com explicações sobre a operação.	
Integração das centrais para rearranjo dos pedidos de concreto.	Melhorar instalações dos laboratórios da concreteira.	
Fornecer junto com a carta traço do concreto os laudos que comprovem suas características (fck, E, slump, massa específica, outros) e oferecer a possibilidade de realizar protótipos para garantir a densidade e volume entregue do concreto.	Ter um site do fornecedor que informe condições climáticas, lições aprendidas e reclamações em tempo real.	

Ter recipientes com volume conhecido (silos) onde a obra possa descarregar o caminhão e depois distribuir nos elementos que serão concretados.	Site com ranking das concreteiras quanto a: desvio padrão; forma de armazenamento de agregados; estoque de materiais; precisão de volume solicitado x entregue; avaliação dos clientes; disposição final dos retornos de concreto.	
Desenvolver tecnologia analógica ou digital para pesagem do caminhão betoneira no balão	Traços de concreto definidos por especialista / laboratórios e que as centrais não tenham autonomia para alteração. A responsabilidade por alteração do traço fica com o especialista / laboratório.	
Criar canal de comunicação público da concreteira com as construtoras, reconhecendo as construtoras com selos de qualidade em função do uso do concreto (perdas e velocidade) e com informações sobre o processo de produção e execução da estrutura, para maior transparência.	Controle total de qualidade dos materiais constituintes do concreto com fornecimento on-line para a construtora.	
Conferência via drone, pelo fornecedor, do status de execução da fôrma e armação do elemento que será concretado. Caso não esteja em um status adequado, a programação de concreto perde prioridade	Disponibilização de informações sobre os caminhões às construtoras (sensores no balão e GPS).	
Colocar sensores no concreto que meçam a resistência a compressão, slump, composição (aditivo, cimento, água, brita, areia) e temperatura para o cruzamento desses dados com dados do clima, dia, trânsito e distância para tomada de decisão a respeito de mudanças necessárias no traço com auxílio de computadores.		

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 46 – 25 ideias geradas a partir do desafio atualizado “c”

Contrato (8 ideias)	Aplicativo / Tecnologia (12 ideias)	Logística e Planejamento (5 ideias)
Estabelecer critério de garantia de 100% das condições de início da concretagem pela construtora.	Uber do concreto.	Garantir fácil acesso ao canteiro de obras.
Estabelecer critério de garantia de disponibilidade de bombas em pleno funcionamento pelo fornecedor.	Sensores para medir slump em tempo real no balão do CB	Reduzir custos operacionais desnecessários.
Estabelecer contratos com valores meta de produtividade e perda com benefício / multa.	Utilizar traço único de concreto para maior agilidade no lançamento, recebimento e redução de entupimentos, sendo um traço para cada fase da obra.	Locar espaço dos canteiros de obra para os fornecedores para instalação de micro centrais e reduzir distância entre obras e as centrais.
Estabelecer critério de garantia pelo horário de início da concretagem pelo fornecedor.	Aplicativo para monitorar o status e localização dos caminhões betoneiras em tempo real.	Garantir planejamento de canteiro de obra.
Estabelecer critério de garantia de disponibilidade de bombas no local 30 minutos antes da concretagem.	Sistema único para análise de produtividade da concretagem de todas as obras em tempo real.	Dimensionar corretamente equipe de controle tecnológico.
Estabelecer em contrato que o fornecedor irá arcar com os custos de até 15 minutos de tempo de CB no canteiro e se a obra atingir meta de tempo inferior, compartilha o benefício com a construtora. Se passar dos 15 minutos, paga pelo prejuízo.	Integrar informações de aplicativos de mobilidade existentes com logística de entregas do fornecedor.	
Precificar os ganhos do aumento de produtividade pela construtora e compartilhar os benefícios relacionados com o fornecedor.	Sistema de fôrma que vibra o concreto automaticamente.	
Estabelecer critério de garantia do volume de concreto entregue pelo fornecedor.	Caminhões betoneira autônomos.	
	Transporte do concreto com controle via drone e aplicativo	
	Produção do concreto em larga escala com controle da qualidade automático.	
	Integrar projeto BIM com central e caminhão betoneira, associando cada a concreto produzido a determinado	

Contrato (8 ideias)	Aplicativo / Tecnologia (12 ideias)	Logística e Planejamento (5 ideias)
	caminhão e a determinado elemento estrutural.	
	Aplicativos conectados com modelos BIM e auxílio de inteligência artificial.	

Fonte: elaborado pelo autor

6.3.2.4 Pesquisa desk²³

Apesar do convite feito aos demais participantes, a pesquisa desk, por ser feita fora dos encontros, entre o 2º e o 3º workshop, acabou sendo feita apenas pelo facilitador, com dois focos principais: explorar publicações de entidades de classe relacionadas ao concreto e explorar o modo como companhias aéreas lidam com as programações e cancelamentos das reservas dos passageiros, questão que foi utilizada como analogia à realidade do concreto em mais de uma entrevista realizada.

a) Entidades de classe

Foram explorados documentos de associações internacionais relacionadas ao uso do concreto como material de construção enquanto entidades de classe que buscam compartilhar boas práticas e desenvolver o segmento que representam.

– Associação: British Ready Mixed Concrete Association – Reino Unido (BRMCA, 2014)

- Monitorar emissões de CO₂ pelas CBs no transporte e no canteiro e identificar oportunidades de redução;
- Estudar padrão de solicitação das entregas de concreto para reduzir tempo de viagem/ociosidades dos caminhões betoneira;
- Estudar data de concretagem com menor demanda por concreto na central dosadora para ter um fornecimento mais eficiente;

²³ Se vale principalmente da consulta a materiais na internet, como websites, blogs, notícias (VIANNA et al. 2017) e foi adotada para trazer novas inspirações aos participantes a respeito do tema e fazê-los buscar por si próprios novas fontes de informação

- Utilizar BIM e tecnologias associadas para melhorar comunicação entre obra e fornecedor para otimizar as concretagens.
- **Associação: Cement Sustainability Initiative – Mundial (CSI, 2009)**
 - Utilizar sistema de GPS para monitorar os caminhões betoneira, otimizar as rotas de entrega e redirecioná-los em caso de cancelamento.
- **Associação: The Concrete Centre – Reino Unido (TCC, 2000; TCC, 2015)**
 - Melhorar processo de programação de pedidos, qualidade dos caminhões betoneira e treinamento dos motoristas para reduzir ociosidades dos caminhões e emissões de CO₂;
 - Informar o fornecedor de concreto sobre a velocidade de bombeamento que se quer atingir o método de lançamento utilizado;
 - Locar a bomba de modo que dois caminhões betoneira possam ser posicionados simultaneamente para reduzir intervalo entre bombeamentos;
- **Associação: National Ready Mixed Concrete Association EUA (NRMCA, 2009)**
 - Criar meta de economia de combustível dos caminhões betoneira como forma de reduzir a ociosidade dos caminhões;
 - Utilizar sistema de GPS para maior eficiência da frota;
 - Utilizar concreto auto adensável para maior produtividade no lançamento do concreto na estrutura.
- **Associação: Strategic Development Council – EUA (SDC, 2002)**
 - Investir em informação e controle para maior interconectividade e controle do processo;
 - Investir em automação na produção, entrega e lançamento do concreto;
 - Reduzir tempos de entrega, consumo de combustível e utilizar caminhões com maior capacidade de volume.

b) Companhias aéreas

Um comparativo bastante citado durante as entrevistas com os representantes do fornecedor de concreto ligados à logística e operação foi o *overbooking* das empresas aéreas, que também precisam lidar com cancelamentos, com o *overbooking* feito pelas centrais de concreto. Portanto, procurou-se entender como as empresas aéreas tratam essa questão. Pela análise das regras tarifárias de algumas das principais empresas aérea que atuam no mercado brasileiro, constatou-se que²⁴:

- Existem diferentes tratativas no caso de cancelamentos, alterações ou não comparecimento em função do valor pago pela passagem;
- Passagens mais econômicas não dão direito a reembolso, caso o cliente queira cancelar ou alterar a passagem, e nem em casos de não comparecimento (que geralmente ocorrem devido a algum imprevisto);
- Nas classes de passagem acima da mais econômica, existe a opção de:
 - Alterar ou cancelar a passagem pagando uma taxa (categoria inferior de passagem) ou sem pagar taxa (categoria superior de passagem);
 - Obter reembolso da passagem pagando uma taxa maior (categoria inferior de passagem) ou pagando uma taxa menor (categoria superior de passagem);
 - Pagar uma taxa no caso de não comparecimento, sem cancelamento ou pedido de reembolso (categoria inferior de passagem) ou não pagar taxa no caso de não comparecimento (categoria superior de passagem).

As empresas parecem entender que as alterações, cancelamentos e não comparecimentos fazem parte do negócio. Para conseguirem se manter rentáveis e desincentivar essas alterações ou incentivar que o cliente já considere a possibilidade de ter que alterar sua passagem no momento da compra, as empresas estabelecem preços para cada situação ou já consideram o custo dessas alterações nas categorias superiores de passagem.

²⁴ Consulta em dezembro de 2018 aos endereços:

-<https://www.voegol.com.br/pt/informacoes/tarifas>;

-https://www.latam.com/pt_br/planeje-e-compre/conheca-os-perfis-de-tarifas/tarifas-em-voos-nacionais/

-<https://www.planetaviagem.net/pelo-mundo-planeta-viagem/regras-tarifarias-azul/>

6.3.3 Resultados do terceiro Workshop – Prototipação

O objetivo do terceiro workshop foi combinar e escolher, dentre as ideias pensadas no encontro anterior, aquela que tem maior potencial de solucionar o desafio definido para que ela seja prototipada e discutida entre os grupos.

O principal resultado desse workshop foram a definição de 3 ideias, uma por grupo, com detalhamento maior em relação às anteriores e definidas após discussões e apresentação das ideias entre os grupos. Cada ideia foi estruturada de forma a se demonstrar seu conceito, a quem ela se destina, qual é a necessidade do beneficiado pela ideia e porque a ideia pode contribuir com o desafio.

6.3.3.1 Ideias atualizadas e prototipadas

a) Ideia final para solução do desafio “a”

Proponho a realização de um contrato “parceiro”, o mais específico possível, para cada empreendimento, explícito, idealizado em parceria com a obra, suprimentos e demais intervenientes, estabelecendo cláusulas diversas como:

- Preço variável por demanda no período;
- Preço relacionado à produtividade da obra;
- Preço específico pelas condições logísticas da obra e seu entorno;
- Capacidade e compromisso de atendimento pelo fornecedor;
- Critérios de controle da qualidade do concreto.

Para relação comercial entre construtora e fornecedor

Que necessitam aumentar a produtividade das concretagens e assertividade das programações

Porque:

- Os contratos são uma forma de estimular a produtividade e assertividade, mas atualmente são genéricos e não tratam das expectativas específicas de cada parte.
- Identificou-se que formas alternativas de melhoria da produtividade, com o tempo, deixam de ser adotadas, sendo necessário estabelecer em contrato estímulos para que as boas práticas sejam seguidas.

- Cada obra tem suas próprias características, especificidades e dificuldades, as quais acabam impactando o fornecedor e, conseqüentemente, as demais obras por serem tratadas todas da mesma forma em contrato. Por isso, também, a importância de se ter preços específicos e condições específicas que devem ser entendidas e discutidas entre as partes antes do início do fornecimento através de um planejamento logístico integrado.

b) Ideia final para solução do desafio “b”

Proponho plataforma na internet de acesso público ou via cadastro que avalia e classifica centrais / fornecedores de concreto e construtoras com base em indicadores e aspectos relacionados a concretagens, como:

- Tempos relacionados a produtividade;
- Pontualidade e assertividade da programação;
- Tecnologias disponíveis / utilizadas;
- Qualidade na produção e uso do concreto.

Para as construtoras e fornecedores

Que necessitam aumentar a confiança mútua, transparência e qualidade do serviço

Porque:

- Tornar pública e permitir a comparação dessas informações é uma forma de incentivo para a melhor atuação das empresas;
- A comparação e melhor seleção de fornecedores tende a melhorar a produtividade e redução das perdas do mercado ao tornar as construtoras mais exigentes e incentivar a evolução dos fornecedores;

c) Ideia final para solução do desafio “c”

Proponho cláusula de bônus e multa em função da produtividade de cada caminhão através da medição dos tempos de ciclo por aplicativo com sinal GPS. Alguns dos tempos monitorados seriam:

- Horário de chegada do caminhão betoneira na obra;

- Horário de chegada das bombas;
- Tempo para recebimento pela equipe de obra;
- Tempo de descarregamento.

Para construtora e fornecedor e especificamente os motoristas e operadores de bomba

Que necessitam otimizar os ciclos de cada caminhão

Porque:

- O fornecedor aumenta sua capacidade de entrega, otimizando seus recursos;
- A construtora consegue cumprir seu cronograma sem atrasos e reduzir custos com horas extras no dia da concretagem;
- Motoristas aumentam seu bônus, dado em função do metro cúbico de concreto fornecido;
- A equipe de concretagem poderia receber uma parcela da redução de custos da construtora, além de não precisar fazer horas extras e melhorar qualidade de vida.

7 CONCLUSÕES DO EC E DT

Neste capítulo, são apresentadas as sugestões para melhoria da produtividade e redução das perdas das concretagens, propostas a partir das abordagens do EC e do DT, as quais possibilitaram o entendimento da relação entre fornecedor e construtora e de seu impacto nas concretagens para a proposição de sugestões.

Primeiramente, para permitir a priorização e escolha das sugestões a serem adotadas, dada a quantidade gerada, as atividades e problemas com impacto sobre a produtividade e perdas (apresentados no item 5.3.3, complementados pelo DT e aqui denominados como “fatores de relacionamento” que afetam a produtividade e perdas direta ou indiretamente) são analisados e classificados quanto ao seu impacto sobre as concretagens do ponto de vista do fornecedor e da construtora (item 7.1).

Em seguida, as sugestões, geradas no DT e a partir da análise do pesquisador das informações do EC e de todas as ideias geradas, são classificadas quanto à sua maturidade, em termos de necessidade de desenvolvimento para serem adotadas, e quanto aos fatores sobre os quais agem (item 7.2).

Por último, é apresentado um fluxograma para facilitar a escolha das sugestões pelas empresas participantes deste estudo e por outras construtoras e fornecedores que se identifiquem com as situações apontadas (item 7.2.2). O fluxo se baseia: na identificação dos fatores que sejam aplicáveis à realidade das empresas que queiram atuar sobre suas concretagens; na avaliação do impacto dos fatores sobre os quais se quer atuar; e na avaliação do grau de maturidade das sugestões que agem sobre esses fatores.

7.1 FATORES DE RELACIONAMENTO QUE AFETAM AS CONCRETAGENS

Os fatores de relacionamento que afetam a produtividade das concretagens identificados foram avaliados quanto a sua influência direta, ao afetar os tempos de concretagem apresentados em 3.2 na Figura 7, e quanto a influência indireta, através dos reflexos desses fatores sobre os demais tempos de concretagem ou da atuação dos fatores sobre as programações das concretagens e execução do ciclo de estrutura com reflexos na concretagem.

Tal análise se justifica pela inter-relação que os tempos, a programação e o ciclo da estrutura possuem e que pode gerar impactos na produtividade das concretagens, como identificado a partir da análise das informações contidas no Apêndice B e apresentado no item 7.1.1.

Sobre as perdas das concretagens, demonstrou-se no capítulo 4 que ela é calculada pela comparação entre o volume consumido de concreto e o volume teórico necessário, sendo que a maioria dos estudos consideram o volume consumido igual ao entregue, contabilizado como a soma dos volumes informados nas notas fiscais dos caminhões, e o volume teórico como o de projeto (Equação 9), sem a desconsideração dos embutidos ou a contabilização do volume utilizado no controle de recebimento e no controle tecnológico das concretagens. Viu-se também pela revisão feita no item 4.3 e pelas análises feitas na pesquisa documental nos Apêndices F, G e H que o volume entregue pode não ser igual ao solicitado e que armações e sistemas ocupam um volume considerável dos elementos concretados.

Há também uma inter-relação entre esses volumes que impacta o cálculo e gerenciamento das perdas, a qual é demonstrada no item 7.1.2. Portanto, para análise dos fatores de relacionamento que afetam as perdas, fez-se uma distinção quanto a influência dos mesmos sobre os quatro tipos de volume identificados:

- Volume teórico: levantado pela obra a partir do projeto do elemento estrutural;
- Volume solicitado: solicitado ao fornecedor para a concretagem, com base no volume teórico, levando em conta também eventuais índices de perdas históricos da construtora;
- Volume entregue: efetivamente entregue pelo fornecedor, tendo como referência o volume solicitado e que geralmente é contabilizado pelas notas fiscais;
- Volume consumido: utilizado para aplicação no elemento estrutural, controle de recebimento e controle tecnológico, que também pode se transformar em perdas incorporadas ou entulho durante o recebimento, transporte e aplicação.

Tanto no caso da produtividade quanto das perdas o foco da análise foi o lado da construtora – embora se tenha investigado também o lado do fornecedor, pois ao se compatibilizar as necessidades e reduzir os ruídos de relacionamento entre ambos, os benefícios resultantes podem ser mútuos. Isso fez com que os impactos dos fatores

fossem determinados para o fornecedor apenas nos casos em que pudessem ter alguma influência para a construtora. Por exemplo:

- Caminhões que ficam esperando no canteiro de obras para descarregarem o concreto oferecem uma situação favorável para a construtora, por reduzir o tempo de intervalo entre os caminhões, mas prejudica a operação do fornecedor e pode ter reflexos negativos na produtividade da concretagem à medida que outras obras também têm a mesma atitude, sendo entendido como uma influência negativa para a produtividade de ambos;
- Caminhões que passam do tempo limite de utilização do concreto estabelecido na ABNT NBR 7212 (2012) são um problema para a construtora, que deve aguardar o envio do próximo caminhão, e para o fornecedor, que terá que fazer uma viagem a mais do que planejado, além de ter a perda do concreto vencido.

Os impactos em termos de produtividade são avaliados para ambos, pois afetam a operação do fornecedor e da construtora, mas os das perdas para o fornecedor não são considerados, visto que não afetam as perdas da concretagem pelo lado da construtora. No entanto, ao se propor formas de evitar que os caminhões vençam, o fornecedor também acaba por ser beneficiado, tendo suas perdas reduzidas.

Para quantificar esses impactos e permitir a priorização e escolha das sugestões apresentadas em 7.2, foram definidos os critérios apresentados na Tabela 47 e explicitados a seguir:

- Impacto do fator para a construtora / fornecedor: notas dadas pelo pesquisador a partir da análise das informações coletadas nas abordagens do EC e DT, para assim permitir a consideração dos impactos diretos e indiretos na avaliação de cada fator, levando em consideração a relação existente entre:
 - Tempos de concretagem, programação e ciclo de estrutura, no caso da produtividade (apresentada no item 7.1.1.1);
 - Volumes teórico, solicitado, entregue e consumido, no caso das perdas (apresentada no item 7.1.2.1).

- Frequência de ocorrência: notas dadas pelo pesquisador a partir das análises quantitativas dos fatores identificados nos Apêndices D, E, F, G e H e do entendimento qualitativo da recorrência dos demais fatores, possibilitado pela análise das informações coletadas nas abordagens do EC e do DT.

Tabela 47 – Notas e critérios de avaliação do impacto e da ocorrência dos fatores

Nota	Impacto Construtora (IC)	Impacto Fornecedor (IF)	Ocorrência (O)
1	Muito baixo	Muito baixo	Muita baixa
2	Baixo	Baixo	Baixa
3	Médio	Médio	Média
4	Alto	Alto	Alta
5	Muito Alto	Muito Alto	Muito Alta

Fonte: elaborado pelo autor.

Combinando-se as notas de impacto e ocorrência, conforme Equação 10, é possível calcular o risco associado ao fator, o qual também é um indicador da relevância do mesmo e que já considera os lados de ambas as empresas. Tal fórmula de avaliação foi adotada por dar peso igual ao impacto para construtora e fornecedor e destacar os fatores que afetam ambos, mantendo o foco da análise no relacionamento entre as empresas.

Equação 10 – Cálculo do risco (R) associado aos fatores de relacionamento

$$Risco (R) = IC + IF + O$$

7.1.1 Fatores que afetam a produtividade das concretagens

Primeiramente é apresentada a inter-relação existente entre os tempos de concretagem, a programação das concretagens e a execução do ciclo de estrutura, por ela dar fundamento às notas de impacto dada a cada fator.

Em seguida, são apresentados os fatores de relacionamento, os quais são detalhados e avaliados quanto ao impacto, ocorrência e risco.

7.1.1.1 Inter-relação entre tempos, programação e ciclo

Identificou-se que os fatores que afetam a produtividade atuam de forma diferente sobre os tempos de concretagem, sobre as atividades do ciclo de estrutura e sobre a programação, existindo também inter-relação entre eles. Isso faz com que um fator que afete a produtividade da concretagem possa, por exemplo, afetar o ciclo

da estrutura, que por sua vez pode afetar a programação, a qual pode afetar novamente a produtividade.

Essa inter-relação é ilustrada na (Figura 17) e detalhada nos itens a seguir, enquanto os fatores são apresentados no item 7.1.1.2.

Figura 17 – Incidência dos fatores sobre a produtividade: cinza escuro (direta) e cinza claro (indireta)

Fonte: elaborado pelo autor.

a) Influência do tempo de início no tempo de descarregamento

- O fornecedor costuma priorizar o atendimento das obras que cumprem com sua programação, em vez de igualar o nível de atendimento das obras que cumprem com as que não cumprem, para estimular o atendimento aos horários programados. Logo, se o atraso no início for por culpa da obra, o envio de caminhões betoneira poderá não ocorrer como previsto, aumentando o tempo de intervalo e de descarregamento da concretagem;
- Além de perder a prioridade, se o horário de início da concretagem atrasa, por conta da construtora ou do fornecedor, ele pode:
 - Ser transferido para um horário em que o trânsito é pior, aumentando o tempo de transporte do concreto e podendo aumentar o tempo de intervalo e de descarregamento;
 - Sobrecarregar outro horário da grade de fornecimento do fornecedor, aumentando a demanda por caminhões e prejudicando o atendimento às obras programadas e já iniciadas nesse horário.

b) Influência do tempo de início, de descarregamento e de término sobre o ciclo da estrutura

- Concretagens que, por fatores que afetam o tempo de início, de descarregamento e de término ou uma combinação desses, avançam até tarde podem influenciar o ciclo da estrutura por causarem:
 - Postergação de atividades do ciclo de estrutura que estavam previstas para serem realizadas após o término da concretagem, no mesmo dia;
 - Atraso das atividades do dia seguinte devido: ao concreto ainda não ter endurecido; atraso para chegada dos funcionários; ou falta de alguns funcionários;
 - Redução da produtividade na execução das outras atividades do ciclo da estrutura pelos funcionários, por desgaste e descontentamento da equipe;
 - Redução na margem de tempo para correção de eventuais atrasos no ciclo de estrutura, como consequência dos efeitos listados acima.
- Fatores que incidam em um desses tempos e que impossibilitem a continuação da concretagem fazem com que a concretagem seja postergada, afetando o ciclo da estrutura.

c) Influência do tempo de caminhão e de intervalo sobre o tempo de descarregamento

- Fatores que aumentam o tempo de caminhão e de intervalo entre caminhões fazem com que o ciclo de viagem dos caminhões betoneira aumente, prejudicando o atendimento do fornecedor e o envio de caminhões às obras, aumentando o tempo de descarregamento;
- Fatores que aumentam o tempo de transporte e retorno dos caminhões também aumentam o seu tempo de ciclo, prejudicando o atendimento do fornecedor e o envio de caminhões às obras, aumentando o tempo de descarregamento;
- Se a obra não descarregar os caminhões na velocidade esperada e não cumprir o intervalo entre caminhões solicitado, ela não estará cumprindo a programação e poderá perder a prioridade no fornecimento, assim, o envio de

caminhões poderá não ocorrer como previsto, aumentando o tempo de intervalo e de descarregamento da concretagem;

- No caso de grandes intervalos entre caminhões, pode ser necessário que:
 - O operador da bomba dê retorno no concreto da tubulação para que ele não endureça dentro dela. Quando o próximo caminhão chegar, o operador então terá que fazer a nata de cimento para preparar a tubulação e então retomar o bombeamento, aumentando o tempo de descarregamento;
 - O operador da bomba reduza a velocidade de bombeamento do concreto que está na obra, caso já saiba que o próximo caminhão irá demorar (pode ser avisado pelo operador da balança), para que não fique com o mesmo concreto muito tempo parado dentro da tubulação e não precise dar retorno nele, aumentando o tempo de caminhão e de descarregamento;
 - A área de bomba interceda a favor da obra com o operador de despacho para o envio do próximo caminhão para que não seja necessário dar retorno no concreto da tubulação, podendo afetar a grade de programação, o fornecimento e o tempo de descarregamento de outras obras. Da mesma forma, outras obras poderiam influenciar o tempo de descarregamento da obra em questão.
- Se os caminhões chegam na velocidade programada, a equipe de estrutura fica motivada para finalizar o serviço. Se atrasam e tem muita recorrência de intervalo longo, a equipe acaba reduzindo o ritmo da concretagem, aumentando o tempo de descarregamento;
- Se os caminhões atrasam muito, alguns funcionários ficam insatisfeitos e vão embora da obra, fazendo com o tempo de caminhão e de descarregamento aumentem;
- Fatores que demandam caminhões além dos previstos inicialmente na programação fazem com que o fornecedor inclua uma viagem adicional em sua grade, que pode prejudicar seu atendimento e envio de caminhões às demais obras, incidindo sobre os intervalos entre caminhões e tempo de descarregamento delas, além de aumentar o tempo total de descarregamento

da obra que terá uma viagem a mais. Da mesma forma, outras obras podem influenciar o tempo de intervalo de descarregamento da obra em questão.

d) Influência do tempo de descarregamento no tempo de término

- Grandes tempos de descarregamento pioram a qualidade da aplicação do concreto pela equipe de estrutura e podem dar mais trabalho à equipe de acabamento, geralmente separada.

e) Influência do ciclo da ERCA na programação

- Fatores que afetam a execução do ciclo de estrutura diretamente ou que afetam os tempos de início, descarregamento e término da concretagem e, conseqüentemente influenciam o ciclo, como mostrado em “b”, podem fazer com que a obra cancele a concretagem, postergue o horário de início programado ou deixe os caminhões “a liberar” na próxima concretagem por atrasos ou mudanças nas datas do ciclo da estrutura, podendo incorrer em “g”, “a” e “b”.

f) Influência da programação no ciclo da ERCA

- Fatores que causam alteração ou cancelamento das programações, além de postergarem a concretagem prevista, podem:
 - Afetar a programação da etapa seguinte de concretagem. Tomando como exemplo o ciclo de estrutura de 5 dias por pavimento apresentado anteriormente na seção 2.2, uma concretagem de pilares na quarta-feira, que é cancelada e reprogramada para quinta-feira como encaixe, impossibilita a concretagem das lajes e vigas previstas inicialmente para sexta-feira. Logo um cancelamento pode levar a outro;
 - Fazer com que a obra tente recuperar o atraso no cronograma trabalhando de sábado, podendo gerar desgaste e descontentamento da equipe, caso seja recorrente.

g) Influência da programação no tempo de início e de descarregamento

- Fatores que causam cancelamento ou alteração da programação da concretagem podem afetar os tempos de início e descarregamento por:
 - Fazer com que o novo horário ou data de concretagem, não previstos inicialmente, coincidam com a execução de serviços e recebimento de materiais já programados pela obra que podem interferir na logística da concretagem;
 - Fazer com que a obra pegue um horário ou condição de fornecimento não ideal para seu ciclo, podendo incorrer em “a”, afetando o tempo de início, e em “b”, se a concretagem avançar até tarde;
 - Fazer com que o fornecedor considere a ocorrência de cancelamentos em sua grade de programação e aceite uma demanda por concreto superior à sua capacidade, mas dentro do histórico de cancelamento da região, para que não fique com equipe ociosa, correndo o risco de prejudicar o fornecimento de concreto caso nenhuma das obras cancele.
- Fatores que dificultam a programação da concretagem pela obra e a impedem de programar no horário inicialmente desejado podem afetar o tempo de início, podendo incorrer em “a” e em “b”, se a concretagem avançar até tarde.

7.1.1.2 Impacto, ocorrência e risco dos fatores de relacionamento

Os fatores de relacionamento identificados e a avaliação feita estão indicados na Tabela 48 a Tabela 66. Para facilitar sua compreensão, os campos contidos nas tabelas são apresentados a seguir:

- “#”: código do fator de relacionamento identificado, os quais são utilizados para correlacionar os fatores às sugestões apresentadas no item 7.2.1;
- Detalhamento do fator: descrição do fator;
- Incidência: indicação da atuação do fator, entre: tempo de início, de descarregamento, de caminhão, de intervalo e de término; programação e ciclo de estrutura;
- Detalhamento do impacto: descrição do impacto;
- Ver: indicação de inter-relação entre os fatores e de itens que podem complementar o entendimento do impacto do fator.

- IC: impacto para a construtora;
- IF: impacto para o fornecedor;
- O: frequência de ocorrência;
- R: risco (IC+IF+O).

Foram identificados ao todo 89 fatores de relacionamento que afetam a produtividade, distribuídos em 19 das 29 etapas mapeadas, com a distribuição por etapa e classificação quanto ao risco conforme apresentado na (Figura 18).

Figura 18 – Distribuição e classificação dos fatores de relacionamento que afetam a produtividade das concretagens

Fonte: elaborado pelo autor.

Ressaltam-se alguns pontos da análise dessa distribuição:

- Percebe-se que a grande maioria se enquadra na categoria de médio risco (64%), demonstrando que existem diversos fatores diferentes ligados ao relacionamento entre as empresas que impactam a produtividade das concretagens de maneira significativa e que o relacionamento entre as empresas é um problema complexo, com diversas interconexões entre fatores que precisam ser resolvidas;
- Avaliando-se pela quantidade de fatores, tem-se a seguinte distribuição de principais etapas:
 - A etapa com a maior ocorrência de fatores é a de programação (14), que é justamente uma das principais queixas relatadas pelos fornecedores com relação à construtora, conforme visto no item 3.3, mas que também possui queixas de programação por parte da construtora com relação ao fornecedor;
 - Em seguida, em número de fatores, estão as etapas de descarregamento e bombeamento do concreto (11) e de controle de recebimento dos caminhões (10) que demonstram a importância do tempo de descarregamento e dos intervalos entre descarregamentos na produtividade.
- Avaliando-se pelas somas das notas de risco de cada fator por etapa (Figura 19), a ordem muda, ficando: a programação e descarregamento e bombeamento do concreto continuam sendo as principais, mas em terceiro lugar aparece a preparação da bomba e tubulação, que demonstra principalmente a importância do tempo de início.

Figura 19 – Soma do risco dos fatores que afetam a produtividade das concretagens, por etapa

Fonte: elaborado pelo autor.

- Avaliando-se pela incidência de cada fator, o tempo de início e o descarregamento são os mais afetados, ambos com 37 fatores, seguidos pelo tempo de intervalo com 29 e a programação com 20 (Figura 20), os quais também influenciam e são influenciados pelos demais, conforme demonstrado na Figura 17.
- Essa grande quantidade de fatores que os influencia sugere que talvez seja necessário mais de uma ação para conseguir mitigar os efeitos negativos dos mesmos.

Figura 20 – Distribuição de fatores que afetam a produtividade por incidência (alguns fatores afetam mais de um item)

Fonte: elaborado pelo autor.

- Apenas 5 fatores foram considerados como sendo de alto risco, são eles:
 - Modelo de contrato padrão e sem cláusulas específicas sobre produtividade que contenham parâmetros claros de controle;
 - Cancelamentos das concretagens no dia anterior ao da concretagem ou no dia da concretagem;
 - Início tardio frequente das concretagens;
 - Grande representatividade dos tempos de intervalo na duração das concretagens;
 - Concretagens que avançam até tarde, especialmente as de maior volume.

Tabela 48 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 03 – Estudo logístico pré-obra / -

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
ELP.1	<ul style="list-style-type: none"> Falta de espaço para posicionamento dos caminhões betoneira e bomba dentro do canteiro de obra ou dificuldade de manter um espaço disponível para os mesmos à medida que a obra avança. 	Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> Falta de espaço no canteiro para os caminhões betoneira e/ou a bomba pode levar a situações não previstas de reclamações de pedestres, vizinhos e dos órgãos reguladores do trânsito, podendo paralisar as concretagens e prejudicar o descarregamento. 		3	2	4	9

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 49 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 05 – Solicitação de proposta / Análise de solicitação

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
SP.1	<ul style="list-style-type: none"> Construtora não envia todas as informações dos traços desejados na etapa de solicitação de proposta. 	Program.	<ul style="list-style-type: none"> Não passar todas as características dos traços e todos os traços desejados nesta etapa aumenta a chance de se solicitar traços não cadastrados na etapa de programação. 	PC. 3.	3	3	3	9

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 50 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 06 – / Análise da capacidade das centrais

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
AC.1	Falha na previsão mensal de fornecimento de concreto pelo fornecedor, utilizada para o dimensionamento da equipe de motoristas, devido a: <ul style="list-style-type: none"> Contratos de fornecimentos de concreto fechados abaixo ou acima do previsto pela área comercial do fornecedor; Área comercial não ter consultado os engenheiros de obra sobre o volume de concreto que será consumido nos próximos meses; Erro na previsão do consumo de concreto para os próximos meses passada pelos engenheiros à área comercial do fornecedor. 	Início	<ul style="list-style-type: none"> Se a demanda real for maior que a previsão, a capacidade de atendimento do fornecedor poderá ser prejudicada. Pode ficar mais difícil conseguir uma programação em horários e dias mais concorridos; Se a demanda real for inferior à previsão, a equipe do fornecedor poderá ficar ociosa. 		2	4	3	9

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 51 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 08 – / Caracterização e controle dos materiais

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
CA.1	<ul style="list-style-type: none"> Desvios de slump dos traços por variações nas características dos componentes do concreto. 	Intervalo	<ul style="list-style-type: none"> Desvios no slump podem demandar mais correções do mesmo na obra, aumentando tempo de intervalo entre caminhões. 	CT.7	3	3	2	8

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 52 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 11 – Cadastro e elaboração da proposta

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
CD.1	<ul style="list-style-type: none"> Cadastro da obra para fornecimento do concreto feito com pouca antecedência em relação à data da concretagem desejada. 	Program.	<ul style="list-style-type: none"> Podem surgir problemas relacionados a documentação e disponibilidade de crédito que atrasam o cadastro da obra e a liberação para programação, podendo postergar a data de concretagem desejada. 		4	2	1	7
CD.2	<ul style="list-style-type: none"> Condições especiais de preço ofertadas às construtoras com bom histórico de concretagem. 	Início, Descarreg, e Program.	<ul style="list-style-type: none"> Essas condições tendem a melhorar a operação das centrais na medida em que conseguem fechar mais contratos com construtoras de histórico melhor, podendo impactar os tempos de início e descarregamento, além da programação das concretagens. 		2	2	2	6

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 53 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 12 – Negociação e seleção / Negociação

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
NS.1	<ul style="list-style-type: none"> Falta de alinhamento da área comercial com as demais áreas do fornecedor quanto às condições de fornecimento combinadas com a construtora. 	Início, Descarreg. e Program.	<ul style="list-style-type: none"> As condições podem ser desde horário de início da concretagem e prazo para programação a cobrança por multas no caso de atraso, as quais, se não seguidas, podem impactar os tempos de início, descarregamento e programação das concretagens. 		3	3	2	8
NS.2	<ul style="list-style-type: none"> Escolha de fornecedores com histórico de atraso ou condições de fornecimento não ideais, pelo 	Início, Descarreg. e Program.	<ul style="list-style-type: none"> O histórico e condições não ideais podem se repetir e afetar o tempo de início e de 		4	2	2	8

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
	benefício financeiro que suas propostas têm em relação às dos demais.		descarregamento, além da programação das concretagens.					

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 54 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 13 - Contratação

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
CO.1	<ul style="list-style-type: none"> Modelo de contrato padrão aplicável a diversas obras sem cláusulas específicas sobre produtividade de concretagens que contenham parâmetros claros para controle. 	Início, Descarreg. e Program.	<ul style="list-style-type: none"> Condições combinadas e não presentes em contrato podem não ser seguidas e não se tem embasamento para cobrá-las, podendo prejudicar o fornecimento de diversas formas e gerar desgaste de relacionamento; As cláusulas podem incentivar ou obrigar um determinado comportamento julgado como ideal entre as partes, podendo melhorar o compromisso com a produtividade das concretagens e melhorá-la. 		4	4	5	13
CO.2	<ul style="list-style-type: none"> Falta de alinhamento quanto a cláusulas contratuais relacionadas a obrigações e multas no contrato. 	Início, Descarreg. e Program.	<ul style="list-style-type: none"> As obrigações podem não ser seguidas e a aplicação de multas é recusada, podendo prejudicar o fornecimento de diversas formas e gerar desgaste de relacionamento; As obrigações e multas relacionadas tem a função de desestimular um determinado comportamento indesejado por uma das partes. A sua não consideração ou falta de entendimento pode prejudicar a produtividade ao não desestimular o comportamento indesejado (ex.: prazo limite de pausa no fornecimento, tempo de trajeto, entre outros). 		3	3	3	9
CO.3	<ul style="list-style-type: none"> Falta de alinhamento quanto a qual modelo de contrato adotar: do fornecedor ou da construtora. 	Início, Descarreg. e Program	<ul style="list-style-type: none"> Como visto nos modelos de contrato analisados no Apêndice C, as cláusulas e multas previstas são diferentes e mais direcionadas à outra parte do que à própria empresa. Um contrato que só prevê punição ao outro tende a ser desequilibrado e não 		2	2	4	8

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
			estimula o ganho de produtividade mútuo ou parceria.					

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 55 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 14 – Estudo logístico de obra / Reunião de Início de obra

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
EL.1	• Falta de lugar dentro ou próximo à obra para o caminhão estacionar.	Intervalo	• O caminhão leva mais tempo para iniciar sua descarga após o término da anterior, aumentando o tempo de intervalo e ciclo de caminhão do fornecedor.		3	4	3	10
EL.2	• Alterações no estudo logístico em função de novos projetos e modificações no canteiro que são feitas sem o envolvimento do fornecedor, como feito antes do início do fornecimento.	Início e Descarreg.	• Podem ser tomadas decisões logísticas não otimizadas que afetem os tempos de início e descarregamento.		4	4	3	11
EL.3	• Envolvimento insuficiente do fornecedor no estudo logístico da obra.	Início e Descarreg.	• Podem ser tomadas decisões logísticas não otimizadas que afetem os tempos de início e descarregamento.		3	3	3	9
EL.4	• Estudo logístico da obra incompleto.	Início e Descarreg.	• Se a obra não realizar um estudo logístico abrangente, podem surgir situações não previstas durante a concretagem que podem levar a decisões logísticas não otimizadas que afetem os tempos de início e descarregamento.		3	3	3	9
EL.5	• Obras dentro de zonas de restrição de circulação e centrais com horário limite licenciado de operação.	Intervalo e Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> • Obras localizadas em zonas de restrição possuem um horário limite mais restrito para recebimento de caminhões e podem receber uma atenção especial pelo fornecedor que procura evitar a incidência de multas e ter tempos menores de intervalo entre caminhões. • Da mesma forma, centrais com horários mais restritos de operação, tem uma urgência maior em terminar suas concretagens sem atrasos para evitar a incidência de multas e buscam realizar 		2	4	3	9

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
			concretagens com tempo de descarregamento menores.					
EL.6	<ul style="list-style-type: none"> Falta de atenção às condições de fornecimento passadas pelo fornecedor à obra na reunião de início. 	Início e Intervalo	<ul style="list-style-type: none"> Podem ocorrer problemas nas primeiras concretagens por conta da falta de atenção, podendo prejudicar o tempo de início e intervalo entre caminhões. 		1	2	2	5
EL.7	<ul style="list-style-type: none"> Dificuldade em prever todos os slumps que serão necessários para bombeamento ao longo da obra. 	Caminhão e Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> Se a obra não envolver o fiscal de bomba do fornecedor nas concretagens com bombeamento não previstas inicialmente, pode correr o risco de ter problemas no bombeamento, afetando o tempo de caminhão e de descarregamento. 	B.2, B.3, B.4 e B.5.	2	2	2	6
EL.8	<ul style="list-style-type: none"> Falta de clareza quanto às limitações da tabela de slump por comprimento de tubulação vertical e horizontal do fornecedor 	Caminhão e Descarreg	<ul style="list-style-type: none"> As definições da tabela são válidas para tubulações com até certo número de curvas. Caso a montagem da obra tenha mais curvas que esse limite, os slumps indicados podem não ser os ideais e gerar problemas no bombeando, afetando o tempo de caminhão e de descarregamento. 	B.2, B.3, B.4 e B.5.	2	2	2	6

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 56 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 15 – Especificações para o pedido / -

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
E.1	<ul style="list-style-type: none"> Erro no levantamento de concreto necessário. 	Intervalo Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> Se o erro for para menos, poderá ser necessário solicitar mais concreto ao fornecedor, além da programação realizada. Dado que essa entrega não estava na programação inicial, o fornecedor poderá dar prioridade aos caminhões que já estavam programados, aumentando o tempo de entrega do caminhão adicional. Neste caso, aumenta o tempo de descarregamento, por se ter mais uma entrega, e de intervalo do último caminhão; 		3	3	2	8

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 57 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 16 – Programação da concretagem / Compatibilização das programações

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
PC.1	<ul style="list-style-type: none"> Erros no envio da programação pela obra (módulo de rigidez do concreto, código do traço, envio fora de prazo, envio tarde em D-3, envio antes de D-3). 	Início e Program.	<ul style="list-style-type: none"> Podem ser necessários ajustes na programação, que se não resolvidos a tempo, podem atrasar ou causar o cancelamento e reprogramação da concretagem; Obra pode não conseguir a programação desejada e precisar programar para outra data ou ficar como encaixe, não tendo uma condição ideal de fornecimento. 		4	3	3	10
PC.2	<ul style="list-style-type: none"> Dificuldade em programar concretagens em semanas com feriado devido à maior concorrência pelas datas disponíveis. 	Início e Program.	<ul style="list-style-type: none"> Risco maior da obra não conseguir programar a concretagem no dia e horário desejado, além da demanda maior por concreto pelas centrais, concentrada em menos dias. 		4	2	1	7
PC.3	<ul style="list-style-type: none"> Traços de concreto não cadastrados. 	Início e Program.	<ul style="list-style-type: none"> Se a área comercial não conseguir cadastrar o traço desejado a tempo, o início da concretagem poderá ser postergado ou a concretagem cancelada e reprogramada. 		3	3	3	9
PC.4	<ul style="list-style-type: none"> Programações de início da concretagem pela obra já contando com o atraso do fornecedor. 	Início e Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> Se o fornecedor não atrasar e obra não estiver pronta para descarregar o caminhão, ele poderá vencer. 	CT. 3	3	4	3	10
PC.5	<ul style="list-style-type: none"> Programações de uma mesma concretagem em mais de um dia pela obra para terem duas opções de data de concretagem seguidas, caso precisem cancelar a primeira. 	Program.	<ul style="list-style-type: none"> Se for uma prática recorrente, pode causar um aumento “virtual” da demanda de concreto e dificultar a programação de concretagens em dias e horários mais concorridos, além de prejudicar a operação do fornecedor. 		2	5	2	9
PC.6	<ul style="list-style-type: none"> Indisponibilidade de crédito da construtora perante o fornecedor para realização de programações. 	Início e Program.	<ul style="list-style-type: none"> Se a área comercial não conseguir regularizar a situação a tempo, pode adiar o início da concretagem ou causar o cancelamento e reprogramação da concretagem. 	5.3. 11	4	3	1	8
PC.7	<ul style="list-style-type: none"> Antecedência de 3 dias exigida pelo fornecedor para concretagem. 	Program.	<ul style="list-style-type: none"> Podem ocorrer imprevistos nesses 3 dias que façam com que a obra precise cancelar a concretagem. Se a concretagem for cancelada, precisarão remarcar para 3 dias após a data do 		4	3	2	9

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
			cancelamento, postergando ainda mais a concretagem, ou então remarcar como encaixe nos dois dias seguintes ao cancelamento, não tendo uma condição ideal de fornecimento.					
PC.8	<ul style="list-style-type: none"> Falta de flexibilidade do fornecedor com concretagens canceladas ou programadas com menos antecedência do que a solicitada. 	Início e Program.	<ul style="list-style-type: none"> As obras precisam optar entre encaixe, que não é uma condição ideal de fornecimento, e que geralmente inicia do meio para o fim da tarde, fazendo com que a concretagem se estenda até tarde. 		4	3	2	9
PC.9	<ul style="list-style-type: none"> Indisponibilidade de bomba para programação de concreto bombeado. 	Início e Program.	<ul style="list-style-type: none"> Se a obra optar por manter a data, precisará encontrar outra empresa que forneça a bomba, podendo atrasar o início da concretagem caso não consiga a tempo ou no horário desejado; Se a obra optar por alterar a data programada, atrasando o ciclo da estrutura. 		4	1	1	6
PC.10	<ul style="list-style-type: none"> Solicitação pela obra de intervalos entre caminhões inferiores ao que pratica por receio de os caminhões da central serem enviados a outras obras que solicitaram intervalos menores. 	Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> A obra corre o risco de não conseguir descarregar os caminhões a tempo e eles vencerem. 	CT. 3	2	3	3	8
PC.11	<ul style="list-style-type: none"> Solicitação pela obra de horário de início anterior ao que pratica por receio de não ser bem atendido se não programar a concretagem para os primeiros horários disponíveis. 	Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> A obra corre o risco de não conseguir descarregar os caminhões a tempo e eles vencerem. 	CT. 3	2	4	3	9
PC.12 (antigo P1)	<p>Cancelamentos no dia anterior e no dia concretagem, que em geral ocorre por:</p> <ul style="list-style-type: none"> Chuvvas fortes no dia ou em dias anteriores; Funcionários que faltam; Quebra de equipamentos na obra (ex: grua e cremalheira); Falta de energia na obra; Problemas na central de concreto; Bloqueio de fornecimento pelo fornecedor. 	Intervalo	<ul style="list-style-type: none"> A prática de cancelamentos pelas obras faz com que os fornecedores aceitem programações além de sua capacidade de atendimento ("overbooking") para que não fiquem com equipe ociosa caso alguém cancele a concretagem ou reduza o volume programado, correndo o risco de não atender bem os clientes, caso ninguém cancele a programação, prejudicando o envio dos caminhões e tempo de intervalo. 		3	5	5	13
PC.13	<ul style="list-style-type: none"> Concentração de programações nas sextas-feiras (lajes) e quarta-feira (pilares) 	Intervalo	<ul style="list-style-type: none"> Apesar de as centrais ajustarem o número de motoristas em função da demanda por concreto de 		2	2	3	7

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
			cada dia e trabalhar com um mesmo percentual máximo de overbooking, o tempo de envio dos caminhões pode ser influenciado pelo efeito dos pequenos atrasos da concretagem de uma obra nas demais, que pode ser maior nesses dias por conta da maior demanda, afetando o tempo de intervalo.					
PC.14	<ul style="list-style-type: none"> Programação de concretagens no sábado por conta de atrasos no ciclo da estrutura. 	Intervalo e Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> As programações de sábado são uma evidência de atrasos que ocorrem no ciclo de estrutura, embora possam ter condições melhores de fornecimento por conta da menor demanda e menor trânsito, podendo obter menores tempos de intervalo e de descarregamento. 		3	1	2	6

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 58 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 17 – Preparativos para concretagem / Preparativos para concretagem

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
P.1	<ul style="list-style-type: none"> Concretagens do dia anterior que atrasam e fazem com que o fornecedor tenha que renegociar os horários de início das concretagens do dia seguinte por conta do intervalo mínimo de descanso que os operadores têm que cumprir. 	Início	<ul style="list-style-type: none"> Atrasa o início das concretagens. 		2	1	2	5
P.2	<ul style="list-style-type: none"> Preparativos dos elementos que serão concretados, mas que ainda não estão finalizados no dia da concretagem. 	Início	<ul style="list-style-type: none"> A obra pode atrasar o início da concretagem ou deixar os caminhões “a liberar”; Se chegarem caminhões antes do término dos preparativos, eles correm o risco de vencerem. 	L.2. e CT. 3.	4	4	3	11
P.3	<ul style="list-style-type: none"> Demora da obra para receber o fiscal de bomba para a avaliação das condições para a concretagem do dia seguinte. 	Início e Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> O fiscal avalia o acesso da bomba, a passagem e travamento da tubulação, a adequação do slump solicitado e o status de preparação dos elementos que serão concretados. A não avaliação de algum desses itens pode prejudicar o tempo de início e descarregamento da concretagem no dia seguinte. 	B.1, B.3, B.4, B.5, PB. 6,	3	3	2	8

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
				PB. 8.				
P.4	<ul style="list-style-type: none"> Necessidade identificada pelo fiscal de bomba de alterar o slump do concreto um dia antes da concretagem programada. 	Início e Program.	<ul style="list-style-type: none"> Para atualizar a programação, o novo traço de slump maior deve estar cadastrado. Se a área comercial não conseguir alterar a programação a tempo, o início da concretagem poderá ser postergado. Se o traço não estiver cadastrado, o risco é maior, podendo causar o cancelamento e reprogramação da concretagem. 		4	4	2	10
P.5	<ul style="list-style-type: none"> Chuvvas fortes. 	Ciclo e Program.	<ul style="list-style-type: none"> Chuvvas podem atrasar os preparativos para concretagem ou causar seu cancelamento, caso a construtora não consiga compensar o impacto chuva no ciclo da estrutura. 		4	4	1	9
P.6	<ul style="list-style-type: none"> Falta de funcionários da equipe de estrutura. 	Ciclo e Program.	<ul style="list-style-type: none"> Faltas podem atrasar o término dos preparativos para concretagem ou causar seu cancelamento, caso a construtora não consiga compensar o impacto da ausência dos funcionários. 		3	2	3	8
P.7	<ul style="list-style-type: none"> Falhas de dimensionamento de equipe, equipamentos e ferramentas pela obra. 	Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> Influencia a velocidade de aplicação do concreto. 		3	2	1	6
P.8	<ul style="list-style-type: none"> Interferências identificadas pelo fiscal da bomba no local de posicionamento da bomba para a concretagem do dia seguinte. 	Início	<ul style="list-style-type: none"> Se o local não for liberado, pode atrasar o início da concretagem. 		2	2	1	5

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 59 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 18 – Preparação da bomba e tubulação / Envio e preparação da bomba e tubulação

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
PB.1	<ul style="list-style-type: none"> Demora para liberar o acesso da bomba ao canteiro. 	Início	<ul style="list-style-type: none"> Esse atraso se soma ao tempo para preparo da bomba e montagem da tubulação, afetando o tempo de início. 		3	4	3	10

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
PB.2	Atraso no envio da bomba à obra devido a: <ul style="list-style-type: none"> • Atraso em uma concretagem anterior com o mesmo operador de bomba e descanso mínimo de “interjornada”; • Atraso em uma concretagem mais cedo no mesmo dia, e com a mesma bomba e operador; • Problemas técnicos na bomba. 	Início	<ul style="list-style-type: none"> • Tempo de início é afetado pelo horário de chegada da bomba e pelo tempo de preparo da bomba e montagem tubulação. 		5	3	2	10
PB.3	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de alinhamento quanto a atraso de chegada da bomba. 	Início	<ul style="list-style-type: none"> • A obra não é avisada sobre o atraso da bomba e a fica aguardando chegar no horário combinado, com equipe mobilizada. 		3	2	2	7
PB.4	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de alinhamento quanto a qual diâmetro de tubulação flexível utilizar para o lançamento do concreto: de 4 ou de 5 polegadas. 	Caminhão e Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> • A obra prefere a tubulação de 4 polegadas por ser mais fácil de movimentar e danificar menos a armação e instalações na laje, mas caso o slump solicitado esteja próximo de seu limite de utilização, pode aumentar o risco de entupimento e causar paralização da concretagem, afetando o tempo de caminhão e de descarregamento. 		2	1	2	5
PB.5	<ul style="list-style-type: none"> • Bombas que chegam na obra junto ou depois dos caminhões betoneira. 	Início	<ul style="list-style-type: none"> • Atraso para início da concretagem devido ao tempo para preparo da bomba e montagem da tubulação e menor tempo para descarga dos primeiros caminhões, que podem vencer. 	CT. 3	3	2	2	7
PB.6	<ul style="list-style-type: none"> • Travamento da tubulação mal feito pela obra e não avaliado pelo fornecedor. 	Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> • Podem causar vazamento de concreto pela tubulação. 	B.3	3	2	3	8
PB.7	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de cimento para nata de preparação da tubulação. 	Início	<ul style="list-style-type: none"> • Esse atraso se soma ao tempo para preparo da bomba e montagem da tubulação, afetando o tempo de início. 		2	2	2	6
PB.8	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de acesso e local adequado para bomba. 	Início	<ul style="list-style-type: none"> • Esse atraso se soma ao tempo para preparo da bomba e montagem da tubulação, afetando o tempo de início. 		3	3	2	8
PB.9	<ul style="list-style-type: none"> • Interferência de caçambas, materiais e outros caminhões no acesso à obra e posicionamento da bomba e dos caminhões. 	Início	<ul style="list-style-type: none"> • Esse atraso se soma ao tempo para preparo da bomba e montagem da tubulação, afetando o tempo de início. 		3	3	2	8

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 60 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 19 – - / Carregamento dos pedidos já “liberados”

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
CR.1	<ul style="list-style-type: none"> Problemas na central de concreto. 	Início e Intervalo	<ul style="list-style-type: none"> O início ou continuação do fornecimento de concreto podem ser interrompidos ou transferidos para uma outra central mais distante. No caso de transferência, a central mais distante fica sobrecarregada, piora o atendimento das obras que já tinha e não consegue anteder bem a novas demandas que assumiu. 		5	5	1	11
CR.2	<ul style="list-style-type: none"> Falhas de comunicação do GPS dos CBs com o software de gerenciamento das entregas. 	Intervalo	<ul style="list-style-type: none"> Essas falhas podem influenciar negativamente na tomada de decisão do operador de despacho quanto a sequência de carregamento, podendo prejudicar e aumentar a duração das concretagens. 		3	1	3	7
CR.3	<p>Decisão de carregamento feita pelo operador do despacho, apesar do auxiliado do software de gerenciamento das entregas, devido a diversas situações que surgem durante o dia que ainda não estão sob o domínio do software e que devem ser gerenciados pelo operador, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> horários efetivamente praticados pelas obras; solicitações da área de bomba; envolvimento da área comercial pelos clientes; quebras de central; entre outros. 	Intervalo	<ul style="list-style-type: none"> Decisão do operador pode prejudicar uma obra em relação à outra em função dos acontecimentos do dia. 		3	1	5	9
CR.4	<ul style="list-style-type: none"> Insegurança da obra quanto ao real status de carregamento dos caminhões betoneira. 	Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> Se a obra não tem confiança no status informado dos caminhões, fica difícil para o engenheiro se planejar quanto a quais medidas tomar acerca da equipe, da condução da concretagem e outras atividades ocorrendo no canteiro; Por falta de informação, o engenheiro pode tomar erroneamente uma decisão que afete a retomada da concretagem e sua duração. 		2	1	4	7
CR.5	<ul style="list-style-type: none"> Pequenos atrasos de cada obra atendida pelo fornecedor, que impactam uma à outra, em cadeia. 	Intervalo	<ul style="list-style-type: none"> Esses atrasos prejudicam o atendimento pelo fornecedor e como reflexo, aumentam o tempo de 		2	4	5	11

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
			intervalo e podem gerar mais atrasos, fazendo com que o atraso de uma obra prejudique uma outra e vice-versa.					

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 61 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 20 – Liberação dos pedidos “a liberar” / Carregamento dos pedidos liberados “a liberar”

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
L.1	Demora para envio de caminhões que estavam a liberar. A obra os deixa a liberar quando: <ul style="list-style-type: none"> • Preparativos para a concretagem não estarem 100% finalizados; • Quando estão fazendo concretagens em duas frentes; • Quando há algum outro serviço que impacta a concretagem em execução no canteiro; • Não tem certeza quanto ao volume do último caminhão (“caminhão de complemento”) e o deixam a liberar até terem a confirmação do volume. 	Intervalo	<ul style="list-style-type: none"> • Fornecedor especifica um prazo de tempo mínimo entre a liberação do caminhão e o horário em que se quer recebe-lo para que ele seja inserido dentro da programação. Se o prazo não for respeitado, o caminhão pode não chegar no horário desejado. 		4	2	3	9
L.2	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupções no fornecimento de concreto solicitadas pela obra. 	Intervalo e Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> • A interrupção aumenta o tempo de intervalo e de descarregamento. 		3	4	3	10
L.3	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldade de contato com a central de programação para liberação e interrupção do envio de caminhões. 	Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> • Pode atrasar o envio de caminhões, aumentando o tempo de intervalo e de descarregamento; • Pode impossibilitar a interrupção do envio de caminhões durante algum problema, causando seu vencimento. 	CT. 3	3	1	2	6

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 62 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 21 – - / Transporte para a obra

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
T.1	• Instruções pouco detalhadas dadas aos motoristas sobre melhores rotas até a obra.	Início e Intervalo	• Motoristas estão mais sujeitos a trânsito, erros de percurso e influência de externalidades, aumentando o tempo de ida e retorno da obra, além do ciclo dos caminhões.		2	2	2	6
T.2	• Aplicativos móveis de geolocalização não são aplicáveis a caminhões.	Início e Intervalo	• Motoristas estão mais sujeitos a trânsito, erros de percurso e influência de externalidades, aumentando o tempo de ida e retorno da obra, além do ciclo dos caminhões.		1	2	2	5
T.3	• Impossibilidade de instalar centrais próximas aos centros urbanos.	Início e Intervalo	• Como consequência, tem-se tempos de transporte e retorno da obra maiores do que se fosse permitido.		2	2	3	7

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 63 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 22 – Controle de recebimento dos caminhões / Controle de recebimento dos caminhões

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
CC.1	• Demora para liberar a entrada dos caminhões no canteiro de obras.	Início e Intervalo	• Atrasa o início da concretagem e aumenta o tempo de intervalo entre caminhões, além de aumentar o tempo de ciclo dos caminhões.		2	2	2	6
CC.2	• Demora para devolução da segunda via da nota fiscal assinada após a descarga para liberar o retorno do motorista.	Descarreg.	• Atrasa o retorno dos motoristas e aumenta o tempo de ciclo dos caminhões, prejudicando o atendimento do fornecedor.		1	3	2	6
CC.3	• Vencimento dos caminhões.	Intervalo e Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> • Pode aumentar o tempo de intervalo pela espera do próximo caminhão; • Aumenta o tempo de descarregamento por ser necessário aguardar uma entrega a mais de concreto; • Fornecedor terá que fazer uma entrega a mais, não prevista inicialmente, que pode sobrecarregar o fornecimento e prejudicar o atendimento às obras. 		3	4	2	9

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
CC.4	• Inversão na ordem de descarga dos caminhões em relação à ordem de chegada.	Intervalo e Descarreg.	• Alterar a ordem de lançamento dos caminhões pode fazer com que o concreto do caminhão que foi deixado para depois vença.	CT. 3	2	3	1	6
CC.5	• Caminhões que chegam antes do horário programado.	Intervalo e Descarreg.	• Caminhões que chegam antes do horário programado correm o risco de vencer caso a obra ainda não esteja pronta para descarrega-lo.	CT. 3	2	3	2	7
CC.6	• Caminhões que chegam antes da bomba.	Intervalo e Descarreg.	• Caminhões que chegam antes da bomba correm o risco de vencer devido ao menor tempo que a obra tem para descarrega-los.	CT. 3	2	3	1	6
CC.7	• Concreto com slump fora de especificação.	Intervalo e Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> • Maior tempo de medição e correção do slump, além do aumento do tempo de ciclo dos caminhões, prejudicando o atendimento do fornecedor; • Tempo para medição, correção e espera do próximo caminhão caso o concreto seja rejeitado; • Para os concretos rejeitados, tem-se o prejuízo do tempo de espera pela obra e do atendimento pelo fornecedor, que deverá fazer uma entrega a mais não prevista, similar ao caso em que o concreto vence. 		3	3	2	8
CC.8	• Preferência da obra por utilizar o slump no limite superior da faixa solicitada.	Intervalo	• Ao mesmo tempo que facilita aplicação do concreto pela obra, exige mais tempo para aumento do slump dos concretos que estiverem abaixo do valor desejado.		2	2	2	6
CC.9	• Concreto com slump fora de especificação que não são devolvidos pela obra.	Intervalo	• Se os caminhões não forem devolvidos, o fornecedor fica sem o retorno sobre qualidade dos traços e da dosagem e, portanto, não tem referência para atuar em cima do problema e reduzir desvios para reduzir o tempo de intervalo.		1	2	1	4
CC.10	• Caminhões que atrasam, mesmo a obra tendo feito a programação com o prazo correto e estar com os elementos estruturais prontos para a concretagem.	Intervalo	• Aumentam o tempo de intervalo entre caminhões		2	2	3	7

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 64 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 24 – Descarregamento e bombeamento do concreto / Descarregamento e bombeamento do concreto

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
B.1	Erro na especificação do slump por: <ul style="list-style-type: none"> • Mal-uso da tabela que relaciona slump e comprimento vertical e horizontal de tubulação por erro da obra ou falha de instrução do fornecedor; • Mal-uso pela obra associado a interesse em economizar com o custo do concreto. 	Caminhão	<ul style="list-style-type: none"> • Dificulta o bombeamento e aplicação do concreto e pode gerar outros problemas, relacionados ao lado. 	B.2, B.3, B.4 e B.5.	4	3	3	10
B.2	Entupimento da tubulação por: <ul style="list-style-type: none"> • Atrasos entre caminhões; • Vencimento de concreto dentro da tubulação; • Resíduos dentro da tubulação. 	Descarreg. e Ciclo	<ul style="list-style-type: none"> • Afeta a duração da concretagem de formas diferentes, dependendo do caso. 		3	2	1	6
B.3	Vazamento de concreto pela tubulação por: <ul style="list-style-type: none"> • Conexão entre tubos mal feita; • Travamento da tubulação mal feito; • Pressão excessiva por erro na especificação do slump. 	Caminhão	<ul style="list-style-type: none"> • Necessário interromper a descarga e dar retorno na bomba para esvaziar o trecho com vazamento e refazer a conexão entre as tubulações. 		2	1	2	5
B.4	Estouro de tubulação por: <ul style="list-style-type: none"> • Entupimento da tubulação e tentativa de vencê-lo bombeando concreto; • Tubulação gasta; • Pressão excessiva por erro na especificação do slump. 	Caminhão	<ul style="list-style-type: none"> • Necessário interromper a descarga e dar retorno na bomba para esvaziar o trecho com tubo furado e substituir o tubo por um novo (a equipe de bomba já leva tubos reservas para as obras). 	-	2	2	1	5
B.5	Quebra de bomba por: <ul style="list-style-type: none"> • Pressão excessiva por erro na especificação do slump; • Desgaste da bomba; • “Torrões” ou pedaços não misturados de concreto. 	Descarreg. e Ciclo	<ul style="list-style-type: none"> • Afeta a duração da concretagem de formas diferentes, dependendo do caso. 		4	3	1	8
B.6	<ul style="list-style-type: none"> • Início tardio frequente em concretagens (média de início entre 9h e 11h). 	Início	<ul style="list-style-type: none"> • Impacta o tempo de início 		4	4	4	12
B.7	Grande representatividade dos tempos de intervalo (>30%) no tempo total de duração das concretagens, com:	Intervalo e Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> • O tempo de intervalo varia em função do tamanho da obra e pode ser de dois tipos: de troca de caminhões, a quando o caminhão betoneira 		4	4	4	12

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
	<ul style="list-style-type: none"> Obras grandes ($\approx 200\text{m}^3$) com mais intervalos de troca de caminhões (68%), quando o caminhão seguinte já está na obra, do que de atraso de caminhões (32%). Obras pequenas ($\approx 100\text{m}^3$) com divisão de intervalos de troca de caminhões (43%), quando o caminhão seguinte já está na obra, e atraso de caminhões (57%) mais equilibrada. Duração dos intervalos de troca de caminhões, quando o caminhão seguinte já está na obra, são cerca de 80% menores do que dos intervalos de atraso e posicionamento dos caminhões, quando o caminhão seguinte ainda não está na obra. Na média, obras grandes ($\approx 200\text{m}^3$) possuem tempo total de intervalo por concretagem menor que obras pequenas ($\approx 100\text{m}^3$). 		seguinte já está no canteiro; e de atraso e posicionamento de caminhões, quando o caminhão betoneira seguinte ainda não está no canteiro. Cada tempo possui um impacto diferente sobre a produtividade, mas, em todos os casos, quanto maior o intervalo, maior o tempo de descarregamento.					
B.8	<ul style="list-style-type: none"> Casos de caminhões betoneira parados na obra, aguardando o término do caminhão anterior, são significativos quanto à frequência (68% dos casos de intervalo em obras “grandes” e 32% em obras “pequenas”) e à duração (36 minutos, em média em obras “grandes” e “pequenas”). 	Intervalo	<ul style="list-style-type: none"> Ter caminhões parados na obra esperando o término do descarregamento do anterior reduz o tempo de intervalo entre caminhões, mas também pode impactá-lo de forma indireta, pois esse tempo ocioso dos caminhões prejudica o atendimento do fornecedor e pode aumentar o tempo de intervalo da obra quando uma outra obra estiver segurando os caminhões do fornecedor em seu canteiro. 		3	4	4	11
B.9	<ul style="list-style-type: none"> Velocidade de bombeamento do concreto praticada nas obras é inferior à capacidade nominal de bombeamento das bombas. 	Caminhão	<ul style="list-style-type: none"> Quanto maior a velocidade de bombeamento, menor o tempo de caminhão. As fichas técnicas de modelos usuais de bombas (Tabela 4) indicam que há a possibilidade de realizar bombeamentos mais velozes, desde que observadas também as características do concreto. 		2	2	5	9
B.10	<ul style="list-style-type: none"> A velocidade de concretagem de laje e vigas variam mais do que de pilares, indicando que há maior margem para melhoria das primeiras, considerando-se condições usuais de concretagens. 	Caminhão	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar a velocidade de concretagem de vigas e lajes, reduzindo sua variabilidade, reduziria o tempo de caminhão. 		2	1	3	6

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
B.11	<ul style="list-style-type: none"> Mudanças/ movimentações necessárias na tubulação fixa e flexível durante o lançamento do concreto para preenchimento de todos os elementos estruturais. 	Caminhão	<ul style="list-style-type: none"> Mudanças e movimentações na tubulação podem ocorrer durante o intervalo entre os caminhões ou durante uma descarga. Neste último caso, aumenta o tempo de caminhão. 		2	1	1	4

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 65 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 25 – Aplicação do concreto / -

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
AP.1	Aproveitamento do concreto fornecido em outros elementos não previstos inicialmente no volume solicitado.	Descarreg.	<ul style="list-style-type: none"> A duração da concretagem aumenta já que se tem um elemento a mais para ser concretado; Pode ser necessário reajustar o volume de concreto do último caminhão ou pedir mais um caminhão e aguardar até que ele chegue e descarregue. 	L.1.	2	2	2	6
AP.2	Chuvas fortes.	Início Descarreg. e Término	<ul style="list-style-type: none"> Atraso no início da concretagem; Necessidade de interrupção no fornecimento de concreto; Espera-se a chuva diminuir para retomar o trabalho, aumentando a duração da concretagem; O acabamento da laje pode ser afetado, sendo necessário refazer algum trecho, aumentando o tempo de término. 	L.3.	4	3	2	9
AP.3	Caminhões atrasados que chegam no horário do almoço da equipe da obra.	Duração	<ul style="list-style-type: none"> Aumenta o tempo de intervalo; A equipe pode ficar insatisfeita e afetar o ritmo de trabalho. 		2	1	2	5
AP.4	Demora na “pega” do concreto devido: <ul style="list-style-type: none"> Variações nas características dos componentes do traço; Erros de dosagem dos aditivos; Mudanças bruscas de temperatura; Concretagens que acabam tarde. 	Término e Ciclo	<ul style="list-style-type: none"> Atrasam o acabamento das lajes de concreto; Podem atrasar o início das etapas posteriores do ciclo de execução da estrutura. 		4	2	2	8

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
AP.5	<ul style="list-style-type: none"> Concretagens que avançam até tarde, especialmente as de maior volume ($\approx 200\text{m}^3$). 	Descarreg. Intervalo e Ciclo	Impacta a produtividade das concretagens direta e indiretamente, pois: <ul style="list-style-type: none"> Tem uma duração maior; Pode ser paralisada por reclamações dos vizinhos; Pode fazer com que os funcionários fiquem insatisfeitos e desmotivados; Pode causar a falta de alguns funcionários no dia seguinte, atrasando o ciclo da estrutura; Pode piorar a qualidade de lançamento do concreto por pressa dos funcionários de ir embora e gerar retrabalhos no dia seguinte, atrasando o ciclo da estrutura; Pode fazer com que os últimos caminhões ainda não tenham dado “pega” no dia seguinte, atrasando o ciclo da estrutura. 		5	5	2	12

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 66 – Fatores de relacionamento que afetam a produtividade na Etapa 28 – Pagamento / Cobrança e faturamento

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
PG.1	Atraso de pagamento de concreto por: <ul style="list-style-type: none"> Cobranças indevidas. Demora no processo de pagamento da construtora; Esquecimento pela obra; Prazos de envio de notas fiscais dos caminhões fornecidos e de pagamento, praticados pelo fornecedor, incompatíveis com os prazos da construtora. 	Program.	<ul style="list-style-type: none"> Caso a situação não seja regularizada ou a nota paga, pode gerar bloqueio de fornecimento e cancelamentos das concretagens programadas. 		5	2	1	8

Fonte: elaborado pelo autor.

7.1.2 Fatores que afetam as perdas das concretagens

Primeiramente é apresentada a inter-relação existente entre os volumes teórico, solicitado, entregue e consumido, por dar fundamento às notas de impacto dada a cada fator.

Em seguida, são apresentados os fatores de relacionamento, os quais são detalhados e avaliados quanto ao impacto, ocorrência e risco.

7.1.2.1 Inter-relação entre volumes teórico, solicitado, entregue e consumido

Identificou-se que os fatores que afetam as perdas atuam de forma diferente sobre os grupos de volume apresentados, existindo também uma inter-relação entre eles, fazendo com que um fator que afete o volume solicitado possa, por exemplo, afetar o volume entregue de concreto, que por sua vez pode afetar o volume consumido de concreto, o qual pode afetar o volume solicitado novamente, influenciando as perdas que são calculadas em função do volume solicitado, conforme Equação 11.

Essa inter-relação é ilustrada na (Figura 21) e detalhada nos itens a seguir, enquanto os fatores são apresentados no item 7.1.2.2.

Figura 21 – Incidência dos fatores sobre as perdas: cinza escuro (direta) e cinza claro (indireta)

Fonte: elaborado pelo autor.

a) Influência do volume teórico no volume solicitado

Conforme a construtora estudada no EC, o volume solicitado é definido com base no volume teórico, incidindo sobre este um percentual de perda pelo histórico de concretagens anteriores da obra ou índices considerados em orçamento (Equação 11). Portanto, os fatores que afetam o levantamento do volume teórico se refletem também no volume solicitado.

Equação 11 – Cálculo do volume solicitado

$$V_{C_{solicitado}} = V_{C_{teórico}} \cdot (1 + IP_{histór./orçam.})$$

b) Influência do volume solicitado no volume entregue e do volume entregue no volume solicitado

Conforme visto no EC realizado, existem fatores relacionados aos fornecedores e às centrais que fazem com que o volume entregue não seja igual ao solicitado. Volume entregue para menos pode fazer com que seja necessário aumentar o volume solicitado para compensar a entrega a menos. Mesmo que não se tenha um aumento de perda real na concretagem por entulho ou perda incorporada, o cálculo do índice de perda irá aumentar por se basear na relação entre o volume solicitado, que terá aumentado, com o volume teórico, indicando equivocadamente um aumento no consumo de material.

c) Influência do volume solicitado no volume consumido

Fatores que afetam o volume solicitado incidem diretamente sobre as perdas calculadas e podem fazer com que as perdas reais aumentem, ou não, em função do volume de concreto entregue.

d) Influência do volume entregue no volume consumido

Os fatores que afetam o volume entregue podem fazer com ele seja maior que o solicitado. Neste caso, o volume poderá ser absorvido pela estrutura como perda incorporada, no recebimento ou transporte como entulho, ser aproveitado em outros elementos ou virar sobra e ser devolvido junto com os caminhões, entre outros. Portanto, apesar de perdas reais acontecerem, desvios para mais no volume entregue podem “encobrir” as perdas ocorridas, pois o cálculo do índice de perdas se baseia no valor solicitado.

e) Influência do volume consumido no volume solicitado

Fatores que afetam o volume consumido incidem diretamente sobre as perdas e podem afetar o índice de perdas caso causem alteração no volume de concreto solicitado.

7.1.2.2 Impacto, ocorrência e risco dos fatores de relacionamento

Na interpretação da Tabela 67 a Tabela 79 também valem as explicações dos campos apresentadas em 7.1.1.2. Foram identificados ao todo 32 fatores de relacionamento que afetam as perdas, distribuídos em 13 das 29 etapas mapeadas, com distribuição por etapa e classificação quanto ao risco conforme apresentado na Figura 22.

Figura 22 – Distribuição e classificação dos fatores de relacionamento que afetam as perdas das concretagens

Fonte: elaborado pelo autor.

Ressaltam-se alguns pontos da análise dos fatores indicados nessas tabelas a partir dos critérios apresentados:

- Percebe-se que os fatores estão mais divididos entre a categoria de médio risco (50%) e baixo risco (41%), mas ainda assim demonstram a grande quantidade de fatores ligados ao relacionamento entre as empresas com impactos significativos nas perdas e que estão relacionados entre si, demonstrando a complexidade do problema;
- A etapa de ocorrência com maior número de fatores identificados é a de carregamento (10), que está relacionada ao volume de concreto entregue, sendo um dos destaques identificados no item 4.5 na análise de fatores ligados ao relacionamento entre construtora e fornecedor. Em seguida, está a etapa de aplicação do concreto (5), já bem explorada em outros estudos, mas que nesta pesquisa também é uma etapa de destaque, apesar do foco no relacionamento entre as empresas;
- Fazendo a análise pela soma dos riscos de cada fator, além do carregamento dos caminhões e da aplicação do concreto, a etapa de contratação se destaca das demais por conter fatores relacionados a cláusulas de contrato que regem o controle da entrega e consumo de concreto Figura 23;

Figura 23 – Soma do risco dos fatores que afetam as perdas das concretagens, por etapa

Fonte: elaborado pelo autor.

- Avaliando os fatores quanto à incidência (Figura 24), o volume entregue é o volume mais impactado por eles (17), seguido pelo consumido (13) e o solicitado (7), além de terem influência e serem influenciados pelos outros volumes, conforme demonstrado na Figura 21;

Figura 24 – Distribuição de fatores que afetam as perdas por volume (alguns fatores afetam mais de um item)

Fonte: elaborado pelo autor.

- Apenas 3 fatores foram considerados como sendo de alto risco, são eles:
 - Modelo de contrato padrão e sem cláusulas específicas sobre perdas que contenham parâmetros claros de controle, assim como ocorre com a produtividade;
 - Erro no levantamento do volume teórico de concreto necessário, que gera perdas por sobra e grande impacto em termos de custo;
 - Falta de transparência quanto ao volume entregue nos caminhões, o qual é explorado em outros fatores quanto às suas causas.

Tabela 67 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 09 – - / Estudo de dosagem

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
ED.1	Falha na definição da massa específica do concreto: traço de concreto com composições em kg/m ³ dos materiais que ao serem misturados e adensados não rendem 1m ³ de concreto.	Entregue	O volume de concreto entregue será inferior ao solicitado.		5	4	2	11
ED.2	Diferença entre a quantidade de água definida nos traços durante os estudos, considerando que os agregados não têm umidade, e a quantidade efetivamente adicionada nas centrais, ajustada a partir do controle de umidade dos agregados.	Entregue	Imprecisão nas medições de umidade pela central levam a desvios na quantidade de água adicionada no traço e, conseqüentemente, no volume de concreto entregue.		1	2	3	6

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 68 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 13 – Contratação / Contratação

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
CO.1	Modelo de contrato padrão, aplicável a diversas obras, sem cláusulas específicas ou parâmetros claros para controle das perdas.	Entregue Solicitado	As cláusulas podem incentivar ou obrigar um determinado comportamento julgado como ideal entre as partes, podendo melhorar o compromisso com as perdas das concretagens e reduzi-las.		4	3	5	12
CO.2	Falta de alinhamento quanto a cláusulas contratuais relacionadas a obrigações e multas no contrato.	Entregue e Solicitado	As obrigações e multas relacionadas tem a função de desestimular um determinado comportamento indesejado por uma das partes. A sua não consideração ou falta de entendimento pode influenciar as perdas ao não desestimular o comportamento indesejado (ex: sobra de concreto e envio dos certificados de calibração das balanças).		3	3	3	9
CO.3	Falta de alinhamento quanto a qual modelo de contrato adotar: do fornecedor ou da construtora.	Entregue e Solicitado	Como visto nos modelos de contrato analisados no item 5.4.2, as cláusulas e multas previstas são diferentes e mais direcionadas à outra parte do que à própria empresa. Um contrato que só prevê punição ao outro tende a ser desequilibrado e não estimula a redução mútua de perdas ou parceria.		2	2	4	8

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 69 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 14 – Estudo logístico de obra / Reunião de início de obra

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
EL.1	Envolvimento insuficiente do fornecedor no estudo logístico da obra.	Consumido	Se o fornecedor não participar efetivamente das definições logísticas, podem ser tomadas decisões não otimizadas que resultem em maiores perdas de concreto.		1	2	3	6
EL.2	Alterações no estudo logístico em função de novos projetos e interferências entre serviços feitas sem o envolvimento do fornecedor, como feito no início do fornecimento.	Consumido	Se as alterações logísticas durante a obra forem feitas sem o envolvimento do fornecedor, como feito inicialmente, podem levar a decisões não otimizadas quanto a posição da bomba e dos caminhões e caminhamento da tubulação, podendo aumentar as perdas.		2	1	2	5

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 70 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 15 – Especificações para o pedido / -

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
ES.1	Não desconsideração do volume de armação e sistemas embutidos no cálculo do volume teórico de concreto.	Teórico	Representam aproximadamente 2% do volume teórico de concreto calculado a partir das dimensões dos elementos em projeto e influencia no cálculo das perdas.	CT.2	3	2	5	10
ES.2	Erro no levantamento do volume teórico de concreto necessário.	Teórico e Consumido	Gera perdas por sobra de concreto e influencia no cálculo das perdas.	CT.2	3	5	4	12

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 71 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 17 – Preparativos para concretagem / Preparativos para concretagem

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
P.1	Imprecisão geométrica da fôrma.	Consumido	Gera perda incorporada e influencia o volume consumido de concreto.		3	2	5	10

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 72 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 19 – - / Carregamento dos pedidos já “liberados”

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
CR.1	Desvios na pesagem dos componentes do concreto, inerentes ao processo e além de limites normativos, que podem incorrer em variações do volume de concreto entregue.	Entregue	A massa de concreto entregue pode variar além de $\pm 3\%$ definidos na ABNT NBR 7212 (2012), influenciando o volume entregue.		5	3	3	11
CR.2	Corte de água na dosagem do concreto fornecido.	Entregue	Volume de concreto entregue pode deixar de receber de 20L/m ³ a 30L/m ³ de água a menos que o especificado no traço, dependendo da adição de água que for feita na força da central e no controle de recebimento na obra, impactando o volume entregue.		3	3	4	10
CR.3	Agregados que ficam presos nas comportas da caixa de agregado ou cimento que fica preso na comporta do silo de cimento.	Entregue	Variações nas pesagens para menos (materiais ficam presos nas comportas) ou para mais (interferência manual para soltá-los) influenciam a massa de concreto entregue, podendo impactar o volume entregue.		1	1	3	5
CR.4	Diferença entre a umidade medida dos agregados miúdos, feita periodicamente, e a umidade real dos mesmos.	Entregue	Diferenças entre a umidade medida e a real levam a desvios na quantidade de água dosada na central e, consequentemente, no volume de concreto entregue.		3	3	3	9
CR.5	Momento de fechamento das comportas das caixas dos agregados que serão pesados.	Entregue	Pode haver um desvio para mais na pesagem dos agregados devido ao tempo de queda dos materiais da caixa de agregado até a balança (ex.: a comporta se fecha quando a pesagem atinge o valor do traço, mas ainda tem materiais em queda e que aumentarão a quantidade pesada), podendo impactar o volume entregue.		1	1	3	5
CR.6	Materiais que caem das esteiras que os transportam das caixas de agregados até o ponto de carga.	Entregue	Reduz a quantidade de material que é carregado no caminhão, podendo alterar o volume entregue.		1	1	1	3
CR.7	Materiais que caem fora do funil do balão do caminhão betoneira no ponto de carga.	Entregue	Reduz a quantidade de material que é carregado no caminhão, podendo alterar o volume entregue.		1	1	1	3
CR.8	Classe de precisão das balanças e hidrômetros utilizados nas centrais, conforme ABNT NBR 7212 (2012) e pela portaria nº 236/94 do INMETRO.	Entregue	Diferentes classes têm diferentes limites quanto a imprecisão, podendo influenciar a massa de concreto entregue e seu volume.		1	1	1	3

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
CR.9	Volume entregue inferior ao solicitado.	Solicitado e Consumido	Impacta o cálculo e controle das perdas pela obra.		4	4	3	11
CR.10	Falta de transparência quanto ao volume entregue nos caminhões.	Solicitado e Consumido	Impacta o cálculo e controle das perdas pela obra.		4	3	5	12

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 73 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 21 – - / Transporte para a obra

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
T.1	Relevo acidentado do percurso não avaliado antes do início do fornecimento.	Entregue	Perdas por derramamento de concreto do balão do caminhão betoneira durante o percurso, reduzindo o volume entregue.		3	2	1	6

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 74 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 22 – Controle de recebimento dos caminhões / Controle de recebimento dos caminhões

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
CC.1	Controle do volume de concreto entregue feito de forma errada.	Entregue	Impacta o cálculo do volume entregue e cálculo das perdas.	CT.2	2	2	2	6
CC.2	Amostra de concreto utilizada para medição do slump.	Consumido	Cada cone para medição do slump necessidade de aproximadamente 5,5L de concreto, que representa 0,07% do volume de um caminhão de 8m³. Mas, além desse volume, há o volume da amostra colhida para medi-lo que acaba sobrando e nem sempre é reaproveitada. A cada nova medição uma nova amostra é colhida e mais concreto deixa de ser lançado na estrutura.		1	1	5	7

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 75 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 23 – Controle tecnológico / Controle tecnológico

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
CT.1	Amostra de concreto utilizada para moldagem dos corpos de prova (CPs).	Consumido	Cada CP de 10cm de diâmetro por 20cm de altura têm volume de aproximadamente 1,57L de concreto. Considerando-se 3 CPs moldados por caminhão, o volume de concreto necessário para moldá-los representaria 0,06% do volume de um caminhão de 8m³. Mas além desse volume, há o volume da amostra de concreto colhida para moldá-los, que acaba sobrando e não costuma ser reaproveitada.		1	1	5	7

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 76 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 24 – Descarregamento e bombeamento do concreto / Descarregamento e bombeamento do concreto

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
B.1	Problemas com o bombeamento (entupimento, vazamento, estouro de tubulação e quebra de bomba).	Consumido	Perdas devido ao problema e durante seu reparo (de pequenas perdas ao concreto da tubulação).		2	2	2	6

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 77 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 25 – Aplicação do concreto / -

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
AP.1	Imprecisão geométrica do elemento estrutural.	Consumido	Influencia no volume consumido.		5	2	5	12
AP.2	Uso do concreto solicitado em outras frentes não previstas, pela obra, no momento da programação.	Consumido e Solicitado	Se esse volume utilizado em outra frente não for computado no cálculo das perdas, irá causar aumento no índice de perdas, além de aumentar o consumo de concreto da concretagem.	ES.1	3	2	2	7
AP.3	Erro no cálculo das perdas nas concretagens pela obra.	Solicitado	Dificulta a gestão e influencia na perda considerada nas próximas concretagens.		2	2	2	6
AP.4	Desconfiança pela obra de ter recebido menos volume de concreto do que o solicitado.	Entregue	Influencia no cálculo do índice de perda e gestão sobre o concreto. Se não se sabe quanto concreto foi entregue, difícil saber se o consumo foi eficiente e se há desvios na estrutura.		3	2	2	7

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
AP.5	Concretagens que avançam até tarde, especialmente as de maior volume ($\approx 200\text{m}^3$).	Consumido	Piora no nivelamento e controle da espessura da laje por insatisfação dos funcionários e pressa para ir embora, aumentando as perdas incorporadas.		3	1	2	6

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 78 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 26 – - / Retorno do caminhão à central

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
RC.1	Não descarregamento de todo o volume de concreto do caminhão.	Entregue	O volume de concreto entregue será inferior ao solicitado.		3	3	2	8

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 79 – Fatores de relacionamento que afetam as perdas na Etapa 27 – Desmontagem e limpeza da tubulação e bomba / Desmontagem e limpeza da tubulação e bomba

Fatores de Relacionamento		Impactos Identificados		Risco				
#	Detalhamento	Incidência	Detalhamento	Ver	IC	IF	O	R
DL.1	Restos de concreto da tubulação de bombeamento.	Consumido	Gera perdas por entulho, caso não seja aproveitado.		3	2	5	10

Fonte: elaborado pelo autor.

7.2 SUGESTÕES PARA MELHORIA DAS CONCRETAGENS

No EC, as sugestões de melhoria da produtividade e redução das perdas foram propostas através de:

- Análise das atividades e problemas relatados pelos entrevistados e observados em cada etapa, além dos resultados das pesquisas documentais;
- Análise posterior pelo autor das informações coletadas, das atividades realizadas em cada etapa e da inter-relação entre elas e entre as empresas;
- Contribuição dos entrevistados que eram questionados sobre o que mudariam em suas atividades e nas da outra empresa, se pudessem, para melhoria da produtividade e redução das perdas das concretagens.

Ao final do EC chegou-se a uma série de sugestões relacionadas às etapas do fluxo de fornecimento de concreto, as quais se relacionavam, muitas vezes, a mais de um fator identificado por os mesmos estarem relacionados.

No DT, as sugestões foram geradas em três momentos:

- Workshop de ideação: foram geradas diversas ideias pelos grupos, que foram estimulados a pensar de forma não convencional, a questionarem as práticas e soluções atuais. Ao final, as ideias foram agrupadas por afinidade e votadas quanto à relevância para solução dos desafios definidos;
- Workshop de prototipação: as melhores ideias de cada grupo foram combinadas para a formação de 3 ideias principais que foram prototipadas no próprio workshop e apresentadas aos demais grupos para validação, discussão e aprimoramento;
- Avaliação de todas as ideias geradas nos dois workshops pelo pesquisador e proposição de novas ideias que surgiram a partir da combinação e complementação das ideias do grupo.

Ao final do DT, chegou-se a uma grande quantidade de sugestões agrupadas por afinidade e avaliadas com relação à sua relevância, que não necessariamente se relacionavam a problemas ou dificuldades específicas, e a 3 ideias principais prototipadas, discutidas em mais detalhe pelos grupos e em um estágio mais avançado de maturidade, focadas na resolução dos desafios definidos.

Enquanto o EC teve sugestões mais focadas nos processos e nas atividades, o DT permitiu que os participantes explorassem alternativas que não seriam consideradas através de uma abordagem convencional de solução de um problema. Combinando os resultados de ambos, conseguiu-se propor alternativas que variam quanto fator de relacionamento sobre o qual atuam e à maturidade.

O critério de maturidade (Figura 25) e as notas de cada sugestão foram definidos pelo autor com base em:

- Pesquisas bibliográficas realizadas sobre produtividade e perdas de concretagem e sobre concretagens em geral;
- Contato com o desenvolvimento tecnológico de ambas empresas durante o EC;
- Experiência do pesquisador com o contexto nacional de desenvolvimento tecnológico de construção de edificações adquirido nas disciplinas do mestrado profissional do Programa Construlnova²⁵ e experiência profissional na construtora²⁶.

Figura 25 – Notas de maturidade adotado para avaliação das sugestões

Fonte: elaborado pelo autor.

7.2.1 Sugestões para melhoria da produtividade

As sugestões para melhoria da produtividade com base no relacionamento entre fornecedor e construtora estão indicadas na Tabela 81 a Tabela 94 a seguir, divididas por etapa em que podem ser aplicadas. Algumas das sugestões não são aplicáveis a uma etapa específica ou propõe mudanças mais abrangentes na relação entre as empresas e, por isso, são apresentadas separadamente na Tabela 95.

²⁵ Disciplinas cursadas no período entre 2016 e 2018 relevantes para a pesquisa: Cadeia Produtiva da Construção: Tecnologia, Sustentabilidade e Inovação; Captura, Análise e Visualização de Dados na Construção; Ciência de Materiais Aplicada na Construção Civil; Modelagem da Informação da Construção (BIM); Tecnologias Avançadas de Construção.

²⁶ Experiência de 5 anos no departamento de Desenvolvimento Tecnológico da construtora, desenvolvendo projetos de inovação, avaliação de materiais e sistemas construtivos, racionalização da construção, sustentabilidade e desempenho de edificações, tendo contato constante com novos produtos, tecnologias e sistemas construtivos.

Para facilitar a interpretação das sugestões, os campos das tabelas apresentadas a seguir são explicados:

- Sugestão: descrição da ideia proposta para melhoria da produtividade;
- Agente: indica a quem a sugestão se aplica (construtora ou fornecedor);
- Fatores: código dos fatores de relacionamento da Tabela 48 a Tabela 66, sobre os quais a sugestão atua. Algumas sugestões estão classificadas como “não específicas” por não tratarem especificamente dos fatores identificados, mas do relacionamento entre as empresas e da produtividade das concretagens de forma mais ampla;
- “M”: nota dada pelo pesquisador à maturidade da sugestão.

Ao todo, foram geradas 65 sugestões, que se distribuem quanto ao grau de maturidade conforme Figura 26.

Figura 26 – Distribuição das sugestões para melhoria da produtividade quanto ao grau de maturidade (1 a 10)

Fonte: elaborado pelo autor.

A seguir, são apresentadas as sugestões.

Tabela 80 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 3 – Estudo logístico pré-obra /

Sugestão	Agente	Fatores	M
Locar espaço dos canteiros de obra para os fornecedores para instalação de micro centrais e reduzir distância entre obras e as centrais.	Construtora e Fornecedor	T.3	3

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 81 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 4 – Homologação do fornecedor / Homologação pela construtora

Sugestão	Agente	Fatores	M
Realizar visitas às centrais de concreto durante a homologação dos fornecedores para que se baseie em critérios relacionados aos processos de produção, controle da qualidade, programação e fornecimento dos fornecedores e, dessa forma, se eleve a produtividade do mercado ao se trabalhar com empresas mais qualificadas.	Construtora	CA.1 NS.2 PC.12 PC.7 PC.8	9

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 82 – Sugestões para produtividade, de aplicação na Etapa 07 – Solicitação de proposta / Análise de solicitação

Sugestão	Agente	Fatores	M
Oferecer “traço único” de concreto para cada fase principal da obra (ex.: fundação, contenção, periferia, torre) que possibilite que uma entrega sirva a diversas obras, podendo redirecioná-las em casos de interrupções ou postergações no fornecimento. O traço seria associado a aditivos retardadores e aceleradores de pega que têm a função de viabilizar o transporte do concreto entre obras sem seu vencimento, além de reduzir problemas com slump por ser um único valor adequado para cada fase da obra (ex.: fundação, contenção, piso e estrutura).	Fornecedor	CC.3 CC.7 PC.3 P.4 SP.1	3
Oferecer traço de concreto que permite a remoção antecipada dos escoramentos e inícios dos outros serviços subsequentes para auxiliar as obras no caso de atrasos no cronograma de execução da estrutura.	Fornecedor	Não específica	3
Oferecer traço de concreto que endurece rápido e permite antecipação das próximas etapas do ciclo de estrutura no mesmo dia para auxiliar as obras no caso de atraso no cronograma de execução da estrutura.	Fornecedor	Não específica	3
Oferecer traço de concreto com rápido ganho de resistência que reduza o tempo de cura e permita que se trabalhe sobre a laje no dia seguinte para auxiliar as obras no caso de atraso no cronograma de execução da estrutura.	Fornecedor	Não específica	3

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 83 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 11 - - / Cadastro e Elaboração da proposta

Sugestão	Agente	Fatores	M
Solicitar todas as documentações que serão necessárias ao longo da obra em um único momento para evitar atrasos por conta de documentação durante as concretagens.	Fornecedor	CD.1 PC.6	10
Realizar o cadastro da obra com o fornecedor com antecedência para conseguir solucionar eventuais problemas a tempo, sem prejudicar as concretagens.	Construtora	CD.1	10

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 84 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 12 – Negociação e seleção / Negociação

Sugestão	Agente	Fatores	M
Fazer reuniões de seleção dos fornecedores para avaliação das condições de fornecimento com a participação de alguém da área de produção do fornecedor ou então que alguém dessa área assine a ata da reunião com as condições discutidas para que não haja	Construtora	CO.2 NS.1	10

Sugestão	Agente	Fatores	M
divergência entre o acordado na reunião e o que de fato o fornecedor é capaz de atender.			
Considerar na seleção de fornecedores aspectos ligados ao relacionamento com a construtora, histórico e condições de fornecimento. A preferência por fornecedores com melhores avaliações de relacionamento e histórico tendem a melhorar a produtividade das obras.	Construtora	Não específica	9
Portal público online com cadastro de fornecedores de concreto e construtora que contempla: <ul style="list-style-type: none"> • Avaliação de ambos com base em indicadores, avaliações a partir de notas e depoimentos de experiências anteriores com outros fornecedores / construtoras; • Dar selos de “transparência” aos fornecedores e construtoras com base nas medidas adotadas de controle e compartilhamento de informação relacionadas às concretagens; • Dar selos de “produtividade” aos fornecedores e construtoras que se destacarem no uso eficiente do concreto, otimizando a produtividade para si e para o outro; • Dar selos de “pontualidade” aos fornecedores e construtoras com base no atendimento às programações realizadas, índices de cancelamentos e tratativas para a recuperação de atrasos; • Dar selos de “qualidade” aos fornecedores e construtoras com base no desvio padrão do concreto moldado por ambos, controle de recebimento, de aceitação e aplicação do concreto feito pela construtora e controle dos materiais, desvios de slump, devolução de caminhões, precisão do volume entregue e na dosagem de materiais pelo fornecedor; • Dar selos de “diferenciais” aos fornecedores e construtoras que se destacarem por algum processo construtivo, sistema ou uso de equipamentos que tragam benefícios à produtividade e redução das perdas. 	Construtora e Fornecedor	Não específica	3

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 85 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 13 – Contratação / Contratação

Sugestão	Agente	Fatores	M
Criar meta de economia de combustível dos caminhões betoneira como forma de reduzir a ociosidade dos caminhões.	Fornecedor	CC.1 CC.3 CC.7 EL.3 EL.4	9
Contratar m³ de estrutura realizada com valor diferenciado por Slump, FCK, Ecs, etc. A operação de lançamento e acabamento passa a ser responsabilidade do fornecedor.	Construtora	Não específica	6
Contrato de fornecimento de concreto elaborado em conjunto pela construtora e fornecedor que contemple: <ul style="list-style-type: none"> • Condições especiais de preço para construtora com bom histórico de produtividade e cumprimento da programação, monitorados através de indicadores gerados pelo fornecedor, e com base nas condições logísticas específicas da obra, avaliadas em conjunto; • Valores meta de produtividade e perdas de concreto e divisão de benefícios entre construtora e fornecedor em função de seu atingimento; 	Construtora e Fornecedor	B.6 B.7 B.8 B.9 B.10 CD.2 CO.1 CO.2 CO.3 CR.5 CC.1 CC.2 CC.6	3

Sugestão	Agente	Fatores	M
<ul style="list-style-type: none"> Cláusula com custo variável por tempo em que os caminhões betoneira e as auto-bombas ficam na obra, monitorado por sensor GPS; Cláusula com preço dinâmico por horário e dia da semana, em função de serem mais ou menos concorridos; Cláusula com garantia pelo fornecedor do horário de início da concretagem; Cláusula com garantia pelo fornecedor da chegada da bomba no canteiro de obras ao menos 30 minutos antes do horário programado para a concretagem; Cláusula com garantia pelo fornecedor do atendimento do tempo de intervalo entre caminhões solicitado na programação; Cláusula com critérios para atendimento de 100% das condições de início da concretagem pela construtora; Cláusulas com critérios para disponibilização acesso e local adequado para bomba e os caminhões betoneira a serem 100% garantidos pela construtora; Cláusula com garantia da disponibilização de bomba em pleno funcionamento pelo fornecedor no horário e data confirmados na programação; Cláusula com multas que incidem sobre fornecedor e construtora, de forma equilibrada, no caso do não atendimento das cláusulas acima, com critérios de medição e controle de atendimento dos mesmos e indicação das tolerâncias permitidas. 		CC.10 EL.1 EL.2 EL.3 EL.4 L.1 L.2 P.8 PB.1 PB.2 PB.5 PB.8 PB.9 P.2 PC.2 PC.4 PC.5 PC.9 PC.10 PC.11	
Criar um modelo de anexo técnico de contratação de serviços de concretagem, desenvolvido por uma entidade de classe, capaz de compilar obrigações de ambas as partes para se tornar uma referência no mercado.	Construtora e Fornecedor	CO.1 CO.2 CO.3	2
Cobrar o concreto após a concretagem em função da velocidade de concretagem atendida, tendo como parâmetro a média do mercado. Se a velocidade de concretagem for acima da média, pagam mais barato no concreto e obras abaixo da média, pagam mais caro.	Fornecedor	Não específica	1
Comprar concreto lançado na estrutura e dispensar medição do slump. Controlar apenas resistência. Dado que o slump não é mais controlado, o controle e especificação da consistência do concreto passa a ser do fornecedor.	Construtora e Fornecedor	B.1 B.7 CA.1 CC.7 CC.8 P.4 PC.3	1

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 86 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 14 – Estudo Logístico / Reunião de início de obra

Sugestão	Agente	Fatores	M
Estudo logístico do fornecimento de concreto à obra elaborado pela construtora e fornecedor antes do fechamento do contrato e que contemple: <ul style="list-style-type: none"> Discussão acerca de <i>checklist</i> (a ser criado) de condições que devem ser avaliadas antes do fornecimento; Plano de ação para ambos no caso de chuvas fortes; Avaliação dos possíveis traços que serão necessários durante a obra para cadastramento antecipado; Dimensionamento da equipe de estrutura, de controle tecnológico e dos equipamentos necessários; 	Construtora e Fornecedor	AP.1 B.1 B.9 B.10 B.11 CC.1 CC.3 ELP.1 EL.1 EL.2 EL.3 EL.4	1

Sugestão	Agente	Fatores	M
<ul style="list-style-type: none"> • Áreas com reforço estrutural para que se disponha de local dentro do canteiro para posicionamento da bomba e dos caminhões mesmo com o avanço da estrutura da obra e redução de espaço livre; • Locação preferencial da bomba de modo que dois caminhões possam ficar posicionados próximos a ela simultaneamente; • Impactos sobre a vizinhança e formas de acesso e estacionamento dos caminhões betoneira e bomba; • Avaliação da rota dos caminhões da central até a obra, considerando alternativas para o caso de bloqueios ou congestionamentos, e dentro da obra, avaliando caminho mais curto; • Envolvimento do empreiteiro de estrutura, do laboratório de controle tecnológico, do projetista; • Reuniões intermediárias a cada novo detalhamento de projeto, definição de processo construtivo ou alterações no canteiro que impactem as definições logísticas anteriores; • Utilização de projeto estrutural em 3D com o sequenciamento previsto para execução da estrutura; • Análise pelo fornecedor de traços alternativos que possam trazer ganho de produtividade ou redução no prazo de execução da estrutura. 		EL.5 EL.7 EL.8 P.8 PB.1 PB.4 PB.6 PB.7 PB.8 PB.9 PC.3 P.2 P.3 P.4 P.7 SP.1 T.1 T.2	
Reunião com equipe de estrutura, construtora, fornecedor e demais para comprometer as equipes com os requisitos de contrato.	Construtora e Fornecedor	CO.2 EL.6 NS.1 P.2 PC.3 PC.7 PC.12	10
Conscientização sobre CPs do fornecedor e possível impacto no preço do concreto em função dos resultados.	Fornecedor	Não específica	9
Campanhas de conscientização ou workshops conduzidos pelo próprio fornecedor ou entidade de classe que o represente, contendo: <ul style="list-style-type: none"> • Impacto da previsão de volume de concreto consumido pela obra nos próximos meses para o planejamento do fornecedor e qualidade do atendimento; • Impacto do momento em que caminhões “a liberar” são liberados sobre o horário em que se quer recebe-los; • Impacto de concretagens com bomba que avançam até tarde ou que atrasam; • Impacto do cancelamento das concretagens para o fornecedor e as consequências indiretas para as obras; • Impactos dos atrasos da concretagem de uma obra nas demais; • Cuidados com a programação, possíveis erros e como evita-los, direcionada especificamente para os estagiários de obra; • Visitas às centrais para apresentação do processo de programação, despacho e carregamento do concreto; • Preparações e cuidados para o bombeamento de concreto. 	Fornecedor	AC.1 B.8 CR.5 L.1 PB.2 PB.3 PB.5 PB.6 PB.7 PB.8 PB.9 PC.1 PC.2 PC.3 PC.12	4
Cartilha elaborada pelo fornecedor com instruções e esclarecimentos que visem um melhor fornecimento de concreto que contemple: <ul style="list-style-type: none"> • Resumo das informações mais importantes do contrato; • Possíveis problemas relacionados a programação, como preveni-los e tratativas caso ocorram; • Caminhamento e recomendações para travamentos da tubulação; 	Fornecedor	B.2 B.3 B.4 B.5 CD.1 L.1 L.2 L.3	10

Sugestão	Agente	Fatores	M
<ul style="list-style-type: none"> • Importância da proteção da saída da bomba para evitar sua obstrução com materiais que caíam dentro; • Tratativas no caso de entupimento, vazamento, estouro ou quebra da bomba. 		PC.12 PB.3 PB.4 PB.6 PC.1 PC.10 PC.11 PC.2 PC.3 PC.4 PC.5 PC.6 SP.1	

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 87 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 15 – Especificações para o pedido / -

Sugestão	Agente	Fatores	M
Dar condições para que a obra avalie corretamente o slump necessário para sua concretagem com base em ábaco mais detalhado que relacione o slump necessário, a taxa de argamassa do traço, sua reologia, os comprimentos horizontais e verticais máximos da tubulação, o número de curvas na tubulação consideradas, o diâmetro mínimo da tubulação e outros fatores que influenciem o bombeamento. Assim, pretende-se evitar problemas no bombeamento e necessidades de alteração da programação na visita do fiscal e dar mais embasamento às definições feitas atualmente.	Fornecedor	B.1 B.2 B.3 B.4 B.5 EL.8 P.4 PC.3	1

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 88 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 16 – Programação da concretagem / Compatibilização das programações

Sugestão	Agente	Fatores	M
Gerar indicadores de volume de concreto programado e volume de concreto realizado pelas obras para gestão pelo fornecedor.	Fornecedor	AP.1 E.1 PC.12	4
Estudar padrão de solicitação das entregas de concreto (dias e horários) para reduzir tempo de viagem/ociosidades dos caminhões betoneira.	Fornecedor	PC.13	9
Em vez de fazer programações além da sua capacidade de atendimento, que as centrais busquem identificar mais rapidamente os cancelamentos que ocorrerão no dia, para, assim, oferecer encaixes com mais previsão de horário de atendimento. Conseguiria atender bem os confirmados e ajudar quem precisou de um encaixe.	Fornecedor	PC.7 PC.8 PC.12	8
Desenvolver soluções que aumentem a flexibilidade do fornecedor em trabalhar com cancelamentos.	Construtora e Fornecedor	PC.7 PC.8 PC.12	6
Destinar volume de concreto, equivalente à taxa de cancelamento historicamente praticada pelas obras na região, para reprogramações de obras que tenham cancelado sua concretagem no dia anterior. Dar preferência a essas obras, que possuem risco menor de cancelamento do que as demais por já terem feito um cancelamento, traria mais flexibilidade ao fornecedor no tratamento de um problema que é frequente entre as construtoras, incentivaria o reconhecimento da necessidade de cancelamento cedo pelas obras para que consigam encaixar sua programação nesse volume	Fornecedor	P.2 P.5 P.6 PC.7 PC.8 PC.12	2

Sugestão	Agente	Fatores	M
especial e não corram o risco de ter que reprogramar para depois de 3 dias ou como encaixe, além de aumentar a segurança do fornecedor quanto ao volume que será fornecido.			
Diferenciar tipos de programação: com possibilidade de cancelamento e sem possibilidade de cancelamento; atreladas a custos diferentes e condições diferentes de reprogramação.	Fornecedor	PC.12	3
Preço alternativo de fornecimento de concreto por centrais que não sejam a que oficialmente atende a obra, mas que estão ociosas, apesar da distância maior de transporte, para auxiliar nos casos em que a obra não consegue programar a concretagem com a central que a atende e para ser uma alternativa à opção de encaixe.	Fornecedor	PC.2 PC.7 PC.8 PC.12	3
Operação salva-ciclo: fornecedor envia silos carregados de concreto com o volume necessário de uma concretagem em horários alternativos, sem trânsito, manipulados com aditivos retardadores de pega para que no momento da concretagem a obra use um aditivo acelerador e consiga ter um lançamento constante do concreto, sem intervalos, para auxiliar na recuperação de alguma data de concretagem que a obra tenha perdido.	Fornecedor	PC.12 PC.14	2
Informar o fornecedor de concreto sobre a velocidade de bombeamento que se quer atingir e o método de lançamento que será utilizado.	Construtora	Não específica	10
Incluir campo para detalhes específicos com relação à bomba e sua tubulação na planilha de programação para antecipar a avaliação pela obra e já avisar a área de bomba.	Construtora	Não específica	10
Vender slump pelas classes especificadas na ABNT NBR 7212 (2012) a qual prevê a classe S100, com slumps que vão de 100mm a 160mm. Essa classe abrange grande parte dos slumps solicitados pela obra e que costumam dar problema de bombeamento. Solicitando pela classe S100, slumps menores poderiam ser entregues com 160mm, reduzindo problemas de bombeamento.	Construtora	B.1 B.2 B.3 B.4 B.5 CC.8 P.4 PC.3	9
Estudar data e horário de concretagem com menor demanda por concreto na central dosadora para ter um fornecimento mais eficiente.	Construtora	PC.1 PC.2 PC.9	9

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 89 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 17 – Preparativos para concretagem / Preparativos para concretagem

Sugestão	Agente	Fatores	M
Conferência via drone do status de execução da fôrma e armação do elemento que será concretado. Caso não esteja em um status adequado, a programação de concreto perde prioridade e vai para a “fila”.	Fornecedor	P.2	2
Alinhar com equipe de estrutura atividades caso a concretagem atrase ou acabe cedo.	Construtora	Não específica	10
Avaliar corretamente tempo de viagem de bombas que saem de centrais diferentes da dos caminhões para que cheguem antes dos caminhões na obra.	Fornecedor	CC.6 PB.6	10
Informar as obras, no momento em que o líder de bomba está fazendo a escala dos equipamentos e bombas do dia seguinte, sobre os atrasos que ocorrerão devido a concretagens que atrasaram e necessidade de cumprir a interjornada dos operadores de bomba. Antes do final do dia anterior à concretagem o líder da	Fornecedor	P.1 PB.2 PB.3	10

Sugestão	Agente	Fatores	M
bomba já tem condição de prever se terá ou não atraso para avisar a área de programação ou área comercial.			
Conferência pelo fiscal da bomba ou equipe de bombeamento de todos os travamentos realizados pela obra.	Fornecedor	PB.6 B.3	9

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 90 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 19 – - / Carregamento dos pedidos já “liberados”

Sugestão	Agente	Fatores	M
Inteligência artificial para automatizar as entregas de concreto e que seja capaz de interpretar as várias situações que surgem durante a concretagem para tomar a melhor decisão.	Fornecedor	CR.3 B.7	1
Identificar problemas no concreto (desagregou, dosagem, slump alto, “melado”) antes de sair da central para não perder viagem.	Fornecedor	CA.1 CC.7 CC.9 B.7	10

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 91 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 21 – - / Transporte para a obra

Sugestão	Agente	Fatores	M
Reduzir tempos de entrega, consumo de combustível e utilizar caminhões com maior capacidade de volume.	Fornecedor	Não específica	7
Fornecedor ter frota própria e alugada de caminhões betoneira e auto-bombas para conseguir manter as programações no caso de desvios de programação ou atraso pelas obras. Pode ser cobrada uma taxa da obra que gerou a alteração da programação ou atraso para cobrimento do custo do caminhão e bomba alugados pelo fornecedor.	Fornecedor	PB2 PB3 PC.9	4
Alterar legislação para que se considere o concreto como um material especial, perecível, e que por isso precisa de condições especiais para seu transporte (ex.: andar em faixa de ônibus, não ter restrição de circulação).	Construtora e Fornecedor	Não específica	3
Criar aplicativo de mobilidade específico para os caminhões que indique caminhos onde eles podem trafegar e melhores rotas para fugirem de congestionamentos e locais interditados, interligado ao sistema de gestão de carregamentos do fornecedor para atualização constantes do tempo de transporte do concreto, garantindo maior eficiência no transporte e precisão no despacho.	Fornecedor	T.1 T.2	3

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 92 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 22 – Controle de recebimento dos caminhões / Controle de recebimento dos caminhões

Sugestão	Agente	Fatores	M
Fazer toda a correção de slump na obra para não ter 2 tempos de dosagem de água e mistura, além de a obra poder acompanhar a adição de água.	Fornecedor	CC.7 CC.8 B.7	9
Medir slump antes do caminhão anterior terminar o lançamento.	Construtora	CC.7 CC.8 B.7	9
Sensores no balão do caminhão betoneira que consigam medir o slump do caminhão em tempo real e façam ajustes de água ou aditivo durante o transporte, evitando a necessidade de medição na obra.	Fornecedor	CA.1 CC.7 CC.8 B.7	3

Sugestão	Agente	Fatores	M
Gerar indicadores de valor medido do slump, do número de correções necessárias e de rejeições do caminhão pela obra que o fornecedor consiga avaliar desvios relacionados aos traços, condições climáticas, motoristas e materiais para direcionar ações de redução da necessidade correções em obra, aumentando a produtividade.	Fornecedor	CA.1 CC.7 CC.8 CC.9	3
Para evitar problemas de obras que seguram caminhões de concreto, de caminhões que ficam em fila de obras até serem descarregados e atrasam outros fornecimentos, a obra poderia ter um silo para recebimento do concreto (similar ao que é feito por algumas obras que utilizam graute em alvenaria estrutural). O concreto precisaria ter um tempo maior de vencimento ou contar com aditivos capazes de retardar ou acelerar a sua pega e de uma bomba acoplada para abastecimento. Poderia ter marcas em seu corpo para controle do volume entregue ou balança para controle por peso. Não teria rastreamento de onde cada betoneira foi lançada e o slump seria controlado por amostras do silo e visualmente no ponto de recebimento. Os silos ainda poderiam ser abastecidos em horário alternativo, por exemplo de manhã ou à noite, quando tem menos trânsito.	Construtora	AP.3 B.8 CR.3 CC.3 CC.4 CC.5 CC.6 EL.1 PC.4 PC.10 PC.11	3

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 93 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 24 – Descarregamento e bombeamento do concreto / Descarregamento e bombeamento do concreto

Sugestão	Agente	Fatores	M
Ter indicadores de entupimento, vazamento e estouro de tubulação e de quebra de bomba, atrelados a identificação das causas e prêmios aos operadores com os melhores indicadores.	Fornecedor	B.1 B.2 B.3 B.4 B.5	3

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 94 – Sugestões para produtividade, de aplicação na Etapa 25 – Aplicação do concreto /

Sugestão	Agente	Fatores	M
Definição cedo do volume de concreto do último caminhão betoneira	Construtora	L.1	10
Utilizar concreto auto adensável para maior produtividade na aplicação do concreto na estrutura.	Construtora	Não específica	4

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 95 – Sugestões mais abrangentes para melhoria da produtividade

Sugestão	Agente	Fatores	M
Melhorar processo de programação de pedidos, qualidade dos caminhões betoneira e treinamento dos motoristas para reduzir ociosidades dos caminhões e emissões de CO ₂ .	Fornecedor	Não específica	8
Investir em automação na produção, entrega e lançamento do concreto.	Fornecedor	Não específica	6
<i>Open innovation</i> para resolução dos problemas e compartilhamento das dificuldades.	Construtora e Fornecedor	Não específica	6
Reduzir custos operacionais desnecessários.	Fornecedor	Não específica	6
Investir em informação e controle para maior interconectividade e controle do processo.	Fornecedor	Não específica	6
Desenvolver aplicativo com acesso pela construtora, fornecedor e laboratório de controle tecnológico que contenha:	Fornecedor	AP.3 B.6	4

Sugestão	Agente	Fatores	M
<ul style="list-style-type: none"> Indicadores de produtividade em tempo real gerados a partir dos sensores no balão e GPS dos caminhões betoneira com envio de relatório com análise a cada concretagem; Visualização do status dos caminhões programados (liberado / a liberar / carregando / no trajeto / na obra / descarregando) com a possibilidade do gerenciamento das liberações e interrupções no carregamento dos caminhões pelo <i>login</i> da obra; Controle do tempo de vencimento dos caminhões já dosados; Avaliação remota pelo fornecedor dos preparativos do elemento estrutural através de informações registradas pela obra no aplicativo; Avaliação remota pelo fornecedor do travamento da tubulação realizado pela obra e da liberação do acesso e local da bomba e caminhões através de informações registradas pela obra no aplicativo. Consulta de disponibilidade e programação das concretagens com feedback de avaliação do processo; Feedback diário sobre a concretagem a ser preenchido pela construtora e pelo fornecedor ao término de cada concretagem que avalie o relacionamento, cumprimento da programação, produtividade e perdas e espaço para comentários e carregamento de documentos, gerando um relatório mensal e ao final de obra para reuniões de alinhamento e avaliação de lições apreendidas para as próximas obras. 		B.7 B.8 B.9 B.10 CR.1 CR.3 CR.4 CR.5 CC.1 CC.2 CC.3 CC.5 CC.6 CC.7 CC.10 L.1 L.3 PB.1 PB.2 PB.3 PB.4 PB.5 PB.6 PB.7 PB.8 PB.9 P.2 P.3 PC.1 PC.9 PC.10 PC.11 PC.12	
Gerar indicador de recebimento dos caminhões e bombas no horário programado para gestão pela construtora.	Construtora	CR.3 CR.4 CC.5 CC.6 PB.2 PB.4 PB.5 PC.4 PC.10 PC.11	3
Uber do concreto (motoristas independentes que fornecem concreto com base em preço dinâmico por hora x data x histórico)	Construtora e Fornecedor	Não específica	3
Sistema online do fornecedor com acesso pelas construtoras que contenha: <ul style="list-style-type: none"> Forma de cadastramento da obra pela construtora com indicação de todos os documentos necessários; Acompanhamento do status das programações e do envio dos caminhões pela obra; Notas fiscais geradas de cada caminhão entregue e cancelamento automático dos devolvidos; Emissão de alertas sobre pagamento das notas fiscais e disponibilidade de crédito da construtora para programação de concreto; 	Fornecedor	AP.2 AP.3 CD.1 CR.4 PG.1 P.5 PC.1 PC.3 PC.5 PC.6 PC.12 SP.1	2

Sugestão	Agente	Fatores	M
<ul style="list-style-type: none"> • Emissão de lembretes sobre a necessidade de programação de concretagem com base em cronograma submetido pela obra; • Cadastro do projeto estrutural da obra em BIM para indicação dos elementos a que a programação se refere e se evite programações duplicadas; • Indicação de todos os traços cadastrados para a obra e com procedimento simples de solicitar a inclusão de novos traços; • Previsão meteorológica da região da obra e alerta de probabilidade de chuvas fortes; • Histórico do fornecimento de concreto que possa ser consultado de forma simples pela construtora; • Indicadores de produtividade e cancelamento de todas as obras da construtora abastecidas pelo fornecedor. 			
Alterar legislação para permitir a instalação de centrais dosadoras menores em regiões próximas aos grandes centros urbanos para facilitar o transporte de concreto.	Construtora e Fornecedor	T.3	2
Monitorar emissões de CO ₂ pelas CBs no transporte e canteiro e identificar oportunidades de redução.	Fornecedor	Não específica	1

Fonte: elaborado pelo autor.

7.2.2 Sugestões para redução das perdas

As sugestões para redução das perdas com base no relacionamento entre fornecedor e construtora estão indicadas na Tabela 96 a Tabela 107 a seguir, divididas por etapa em que podem ser aplicadas. Algumas das sugestões não são aplicáveis a uma etapa específica ou propõe mudanças mais abrangentes na relação entre as empresas e, por isso, são apresentadas separadamente na Tabela 108.

Para facilitar a interpretação das tabelas a seguir, são válidas as explicações apresentadas em 7.2.1 e os códigos na coluna “Fatores” se referem aos códigos na coluna “#” da Tabela 67 a Tabela 79.

Ao todo, foram geradas 27 sugestões para redução das perdas que se distribuem quanto ao grau de maturidade conforme a Figura 27.

Figura 27 – Distribuição das sugestões para redução das perdas quanto ao grau de maturidade (1 a 10)

Fonte: elaborado pelo autor.

A seguir, são apresentadas as sugestões.

Tabela 96 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 4 – Homologação do fornecedor / Homologação pelo fornecedor

Sugestão	Agente	Fatores	M
<p>Na homologação de fornecedores:</p> <ul style="list-style-type: none"> Solicitar a pesagem de alguns caminhões em balança rodoviária e determinar a média, desvio padrão e percentual dentro da soma das variações de cada material permitidos pela ABNT NBR 7212 (2012). Percentuais acima de 80% dentro da faixa de variação são considerados factíveis e indicadores de boa prática; Avaliar histórico com desvios do volume de concreto fornecido pela consulta a outras construtoras que já trabalharam com o fornecedor. 	Construtora	CR.1 CR.2 CR.3 CR.4 CR.5 CR.8 CR.9	9

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 97 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 10 – - / Ajuste e comprovação dos traços

Sugestão	Agente	Fatores	M
Antes do início do fornecimento, solicitar ao fornecedor a comprovação de que os traços especificados rendem 1m³ de concreto.	Construtora	AP.4 ED.1 CR.9 CR.10	10
Enviar resultados das avaliações periódicas realizadas nos traços fornecidos quanto ao rendimento em volume às construtoras que os estiverem consumindo.	Fornecedor	AP.4 ED.1 CR.9 CR.10	10

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 98 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 12 – Negociação e seleção / Negociação

Sugestão	Agente	Fatores	M
Oferecer visitas periódicas das construtoras às centrais de concreto para apresentação do processo de carregamento dos concretos e controles relacionados e tirar dúvidas quanto a esses processos.	Fornecedor	AP.4 CR.6 CR.7 CR.10	10

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 99 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 13 – Contração / Contração

Sugestão	Agente	Fatores	M
Solicitar que todos os laudos de calibração das balanças da central sejam enviados à construtora atendida conforme as avaliações forem sendo realizadas.	Fornecedor	AP.4 CR.1 CR.8 CR.9 CR.10	10
<p>Comprar e controlar o consumo de concreto por peso e não por volume devido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesagem já ser feita na central com calibração periódica, podendo ser enviada à construtora, e com registro do valor pesado de cada material que pode ser transformado em um relatório de controle para posterior pagamento; • Dificuldade em se converter a massa do concreto fornecido em volume devido a variações no teor de ar incorporado do concreto de cada caminhão, na massa específica do concreto de cada caminhão, na necessidade de medi-la constantemente e no erro de cálculo ao se utilizar massa específica teórica informada no traço dos concretos, além de mudanças na massa específica do traço devido a ajustes periódicos das características do concreto feito pelo fornecedor em seu estudo de dosagem; • Variações na pesagem do concreto observadas nas pesquisas documentais com perdas financeiras para a construtora, no caso de desvio para menos, e para o fornecedor, no caso de desvio para mais, além da desconfiança e desgaste que se gera devido à construtora sentir que está pagando por um volume de concreto e recebendo menos. Com a massa se pagaria pelo que foi, de fato, enviado à obra; • O volume poderia ser utilizado como referência para cálculo do concreto necessário, mas seu controle, pagamento e determinação das perdas seriam com base no volume pesado de concreto. 	Construtora e Fornecedor	AP.3 AP.4 CR.1 CR.2 CR.3 CR.4 CR.5 CR.8 CR.9 CR.10 CC.1 ED.1	9
<p>Contrato com cláusulas específicas sobre perdas de concreto que contemple:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Custo do metro cúbico de concreto devolvido pela obra; • Valores meta de perdas de concreto e divisão de benefícios entre construtora e fornecedor em função de seu atingimento; • Estabelecer critérios para garantia do volume de concreto entregue quanto a transparência pelo fornecedor ou formas de controle pela obra e desvios máximos permitidos de massa ou volume de concreto, a depender da forma de controle estabelecida, e incidência de multa caso os limites sejam superados. 	Construtora e Fornecedor	AP.4 CR.1 CR.9 CR.10 CO.1 CO.2 CO.3 ES.1 ES.2	3
Criar um modelo de anexo técnico de contratação de serviços de concretagem, desenvolvido por uma entidade de classe, capaz de compilar obrigações de ambas as partes para se tornar uma referência no mercado.	Construtora e Fornecedor	AP.4 CO.1 CO.2 CO.3	3

Sugestão	Agente	Fatores	M
		EL.1 EL.2	

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 100 – Sugestões para produtividade de aplicação na Etapa 14 – Estudo Logístico / Reunião de início de obra

Sugestão	Agente	Fatores	M
<p>Estudo logístico do fornecimento de concreto à obra elaborado pela construtora e fornecedor antes do fechamento do contrato e que contemple:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Discussão acerca de <i>checklist</i> (a ser criado) de condições que devem ser avaliadas antes do fornecimento; • Plano de ação para ambos no caso de chuvas fortes; • Avaliação dos possíveis traços que serão necessários durante a obra para cadastramento antecipado; • Dimensionamento da equipe de estrutura, de controle tecnológico e dos equipamentos necessários; • Áreas com reforço estrutural para que se disponha de local dentro do canteiro para posicionamento da bomba e dos caminhões mesmo com o avanço da estrutura da obra e redução de espaço livre; • Locação preferencial da bomba de modo que dois caminhões possam ficar posicionados próximos a ela simultaneamente; • Impactos sobre a vizinhança e formas de acesso e estacionamento dos caminhões betoneira e bomba; • Avaliação da rota dos caminhões da central até a obra, considerando alternativas para o caso de bloqueios ou congestionamentos, e dentro da obra, avaliando caminho mais curto; • Envolvimento do empreiteiro de estrutura, do laboratório de controle tecnológico, do projetista; • Reuniões intermediárias a cada novo detalhamento de projeto, definição de processo construtivo ou alterações no canteiro que impactem as definições logísticas anteriores; • Utilização de projeto estrutural em 3D com o sequenciamento previsto para execução da estrutura; • Análise pelo fornecedor de traços alternativos que possam trazer ganho de produtividade ou redução no prazo de execução da estrutura. 	Construtora e Fornecedor	EL.1 EL.2	1

Tabela 101 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 15 – Especificações para o pedido /

Sugestão	Agente	Fatores	M
Levantar volume de armação pela conversão da taxa de aço em kg/m³ especificada nos projetos de armação em volume de aço através da massa específica do mesmo e solicitar a estimativa do volume de embutidos ao projetista de sistema para que sejam desconsideradas do volume de concreto teórico calculado pelas dimensões dos elementos estruturais. Além disso, estimar volume de concreto necessário para amostra de slump em função da jerica que será utilizada, e para moldagem de corpos de prova, em função da quantidade que será moldada por caminhão e dimensões de cada corpo de prova.	Construtora	AP.3 ES.1 ES.2 CC.2 CT.1	10
Solicitar aos projetistas estruturais, que trabalhem em BIM, que levanten o volume teórico de concreto do edifício por elemento	Construtora	AP.3 ES.2	9

Sugestão	Agente	Fatores	M
estrutural e o disponibilize à obra para facilitar e reduzir desvios no seu levantamento.			

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 102 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 17 – Preparativos para concretagem / Preparativos para concretagem

Sugestão	Agente	Fatores	M
Participação do fornecedor na confirmação do volume de concreto programado pela obra, no dia anterior à concretagem (ex.: fiscal de bomba e estagiário conferem juntos).	Construtora e Fornecedor	AP.1 AP.2 CT.2 ES.1 ES.2 P.2	9
Formas reaproveitáveis modulares que não se deformam / desgastam e não aumentam a perda incorporada do concreto ao longo da execução da estrutura.	Construtora	AP.1 P.2	2
Ajuste do volume de concreto que será solicitado pelas dimensões da fôrma, no dia anterior da concretagem, para ajuste com o fornecedor.	Construtora	AP.1 CT.2 ES.2 P.2	10

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 103 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 19 – - / Carregamento dos pedidos já “liberados”

Sugestão	Agente	Fatores	M
Ter referência de posicionamento dos caminhões no ponto de carga da central para evitar que o material já pesado caia fora do balão e se tenha uma diferença entre os materiais pesados e os efetivamente carregados no caminhão.	Fornecedor	CR.7	10
Elaborar relatórios diários de pesagem de todas as entregas de concreto feitas à obra com os valores da balança da central e indicação dos desvios por material, comparação com desvios permitidos conforme ABNT NBR 7212 (2012) e ajustes do preço que será pago pela construtora em função de desvios para mais ou para menos na quantidade de concreto entregue.	Fornecedor	AP.3 AP.4 CR.1 CR.2 CR.3 CR.4 CR.5 CR. 8 CR.9 CR.10 CC.1	9
Automatizar medição de umidade dos agregados utilizados na central através de sensores na caixa de agregado para se ter um valor mais preciso para correção da quantidade de água que será adicionada ao traço e menor variação de volume.	Fornecedor	ED.1 CR.4 CR.9	3
Dosagem de toda água na central e ajuste do slump através de dosagem de aditivo na obra, que considere: <ul style="list-style-type: none"> Um aditivo que pode ser adicionado a qualquer momento no concreto, sem prejuízo a suas características; Traço único de concreto (apresentado na Tabela 44), para que se reduza o número de aditivos utilizados e facilite o controle do seu envio à obra junto com os motoristas dos caminhões; Treinamento dos motoristas para a adição de aditivo no concreto; Eliminação do ajuste de água na central, sendo a força utilizada apenas para limpeza do caminhão e conferência visual do concreto, sem adição de água, mas com adição da etapa de 	Fornecedor	CR.2 CR.9	3

Sugestão	Agente	Fatores	M
<p>dosagem de aditivo na obra, caso apenas com a água o slump não seja atingido;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menor variações no fck do concreto por se ter menor variação na relação água cimento de cada entrega; • Redução do custo do traço de concreto ao se otimizar o uso de um recurso mais caro (aditivo) em troca do uso de um recurso mais barato (a água). 			

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 104 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 22 – Controle de recebimento dos caminhões / Controle de recebimento dos caminhões

Sugestão	Agente	Fatores	M
<p>Desenvolver tecnologias para medição do volume ou peso de concreto nos caminhões pela obra:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensores no balão do caminhão para medição do volume; • Marcas no balão do caminhão que possibilite inspeção visual do volume; • Escâner a laser para medição do volume vazio do balão para desconto do volume total do balão e cálculo do volume de concreto; • Hidrômetro para cálculo do volume fornecido pela vazão de concreto bombeado; • Lava-rodas na obra com balança rodoviária para pesagem dos caminhões na entrada e saída da obra; • Silos (associado à solução apresentada para a produtividade) com marcações de volume para inspeção visual do volume; • Sensor de peso na carenagem do caminhão para controle do peso de concreto. 	Construtora e Fornecedor	AP.4 CR.1 CR.2 CR.3 CR.4 CR.5 CR.6 CR.7 CR.8 CR.9 CC.1 ED.1 T.1	2

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 105 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 24 – Descarregamento e bombeamento do concreto / Descarregamento e bombeamento do concreto

Sugestão	Agente	Fatores	M
Incluir na atividade do moldador de controle tecnológico a checagem de sobras de concreto no balão do caminhão e registro na ficha de controle de recebimento do concreto antes de devolver a via da nota fiscal assinada.	Construtora	AP.3 AP.4 CR.9 CC.1 RC.1	10

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 106 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 25 – Aplicação do concreto / -

Sugestão	Agente	Fatores	M
Contratar serviço terceirizado de conferência de volume da estrutura na obra com emissão de ART para a identificação de perdas incorporadas e solução de conflitos quanto ao volume de concreto entregue.	Construtora e Fornecedor	AP.1 AP.3 AP.4 CR.10 CC.1 P.2	10
Espalhar réguas plásticas, que não influenciem no comportamento estrutural da laje, para serem concretadas junto com a mesma para posterior conferência estatística do volume de concreto a partir das espessuras indicadas na mesma, sem a necessidade de fazer furos na laje.	Construtora	AP.1 AP.4 CR.9 CC.1 P.2	9

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 107 – Sugestões para perdas de aplicação na Etapa 27 – Desmontagem e limpeza da tubulação e bomba / Desmontagem e limpeza da tubulação e bomba

Sugestão	Agente	Fatores	M
Ter solução para utilizar as sobras de concreto da tubulação, como guias, lastro, proteção mecânica, capas de muro, pisadas de escada.	Construtora	B.1 DL.2 ES.2	9
Criar saída da bomba para direcionamento do concreto da tubulação a elementos próximos com uso de mangote flexível.	Fornecedor	B.1 DL.2	3

Fonte: elaborado pelo autor

Tabela 108 – Sugestões mais abrangentes para redução das perdas

Sugestão	Agente	Fatores	M
Maior precisão geométrica na fôrma do elemento concretado pela construtora.	Construtora	AP.1 P.2	8
Instalar balança rodoviária na central para pesagem de todos os caminhões antes e após o descarregamento na obra e envio de tickets dessas pesagens para as obras.	Fornecedor	AP.4 CR.1 CR.2 CR.3 CR.4 CR.5 CR.6 CR.7 CR.9 CR.10 CC.1 RC.1	4
Portal público online com cadastro de fornecedores de concreto e construtoras que contempla: <ul style="list-style-type: none"> • Avaliação de ambos com base em indicadores, avaliações a partir de notas e depoimentos de experiências anteriores com outros fornecedores / construtoras; • Dar selos de “transparência” aos fornecedores e construtoras com base nas medidas adotadas de controle e compartilhamento de informação relacionadas às concretagens; • Dar selos de “produtividade” aos fornecedores e construtoras que se destacarem no uso eficiente do concreto, otimizando a produtividade para si e para o outro; • Dar selos de “pontualidade” aos fornecedores e construtoras com base no atendimento às programações realizadas, índices de cancelamentos e tratativas para a recuperação de atrasos; • Dar selos de “qualidade” aos fornecedores e construtoras com base no desvio padrão do concreto moldado por ambos, controle de recebimento, de aceitação e aplicação do concreto feito pela construtora e controle dos materiais, desvios de slump, devolução de caminhões, precisão do volume entregue e na dosagem de materiais pelo fornecedor; • Dar selos de “diferenciais” aos fornecedores e construtoras que se destacarem por algum processo construtivo, sistema ou uso de equipamentos que tragam benefícios à produtividade e redução das perdas. 	Construtora e Fornecedor	AP.1 AP.2 B.1 CR.6 CR.7 CR.8 CR.9 CR.10 ES.2 P.2	3

Fonte: elaborado pelo autor.

7.3 PROPOSTA PARA ESCOLHA DAS SUGESTÕES PARA MELHORIA DAS CONCRETAGENS

Após a avaliação dos fatores de relacionamento, a classificação das sugestões e apresentação da relação entre ambos, são apresentados:

- Uma forma de correlação entre o risco do fator sobre o qual se quer atuar e a maturidade da solução que, de acordo com a avaliação do pesquisador, deveria ser preferencialmente escolhida (Tabela 109);

Tabela 109 – Notas e critérios de análise do risco e sugestões preferenciais

Nota de Risco (R)	Sugestões preferenciais
3 a 6 (Baixo)	Maturidade 7 a 10. Por serem fatores menos relevantes, entende-se que não seria interessante investir muito esforço na implementação de alternativas pouco desenvolvidas.
7 a 11 (Médio)	Maturidade de 4 a 10. Por serem fatores medianamente relevantes, entende-se que também pode ser interessante aprimorar e desenvolver alternativas ainda não tão maduras.
12 a 15 (Alto)	Maturidade de 1 a 10. Por serem problemas muito relevantes, entende-se que todas as alternativas de melhoria, que necessitem ou não de desenvolvimento, seriam válidas pois são problemas que existem, tem alto impacto e ainda não foram solucionados.

Fonte: elaborado pelo autor.

- O fluxograma que permite a avaliação e escolha das sugestões de melhoria da produtividade e redução de perdas de concretagens por empresas construtoras e fornecedores de concreto, além dos do estudo. O fluxo contempla a avaliação da aplicabilidade dos fatores levantados, do risco do fator selecionado e da escolha da sugestão com base no risco (Figura 28), detalhadas a seguir:
 - Avaliar a aplicabilidade dos fatores: as empresas interessadas em melhorar a produtividade das concretagens e reduzir as perdas de concreto, atuando no relacionamento entre fornecedor e construtora, devem avaliar os fatores de relacionamento mapeados e identificar aqueles que se aplicam à sua realidade;
 - Se houver fatores de relacionamento aplicáveis, pode-se escolher entre as sugestões que não são específicas e que também atuam sobre o relacionamento, visando melhoria da produtividade e redução das perdas;

- Encontrado fatores aplicáveis, deve-se escolher aqueles sobre os quais se quer atuar, que pode ser com base no risco identificado ou em outro critério que a empresa julgue relevante;
- Com base no risco dos fatores escolhidos, sugere-se o tipo preferencial de sugestão a ser adotada.

Figura 28 – Fluxograma de escolha das sugestões

Fonte: elaborado pelo autor.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

8.1 ATINGIMENTO DOS OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho consistiu em “propor sugestões para melhoria da produtividade e redução das perdas em concretagens através da análise do relacionamento entre construtora e fornecedor”.

Apresentou-se, assim, uma série de alternativas, em sua maioria inéditas e não identificadas anteriormente em bibliografia, sugeridas a partir da avaliação do relacionamento entre construtora e fornecedor ao longo do processo de fornecimento de concreto para concretagens, do primeiro ao último contato entre as empresas, com identificação das principais influências e problemas através das abordagens utilizadas e de análise pelo pesquisador. As sugestões foram avaliadas quanto à sua maturidade de desenvolvimento e relacionadas aos fatores de relacionamento identificados, os quais foram classificados quanto ao impacto para o fornecedor e construtora e sua frequência de ocorrência. Assim como no caso das sugestões, os fatores identificados foram em sua maioria inéditos e ainda contaram com um detalhamento de seus impactos diretos e indiretos sobre as perdas e produtividade para o fornecedor e para a construtora.

Os objetivos específicos consistiram em “identificar e caracterizar as etapas do processo de fornecimento de concreto”, “identificar a influência do relacionamento entre as empresas e dos principais problemas e dificuldades que derivam dele na produtividade e perdas de concreto nas concretagens” e “caracterizar e utilizar as abordagens do Estudo de Caso e do Design Thinking”.

Como consequência da busca pelo atingimento do objetivo geral, atingiu-se os objetivos específicos através de:

- Um fluxograma criado do processo de fornecimento de concreto com a caracterização das etapas em que cada empresa está envolvida quanto às principais atividades exercidas por cada uma, quais áreas da empresa participam, qual é a interação com o fornecedor ou construtora, se há envolvimento de algum agente externo relacionado às concretagens, quais são as atividades e problemas que impactam a produtividade e perdas das concretagens;

- Avaliação dos problemas e atividades que afetam a produtividade e perdas, identificados por etapa, quanto ao seu impacto para a construtora, o fornecedor e a frequência de ocorrência, além do detalhamento da inter-relação entre esses fatores influenciadores e deles com atividades da construtora e do fornecedor e com a produtividade e perdas, novamente, de forma indireta;
- Caracterização e detalhamento do procedimento adotado nas duas abordagens, apresentados nos apêndices e que podem servir de referência para futuros estudos.

Portanto, considera-se que o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho foram plenamente atingidos.

8.2 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

Ressalta-se neste item, algumas contribuições do trabalho, além do atingimento do objetivo, que reforçam a busca por auxiliar na resolução de um problema de ordem prática, relevante para a construção civil e de compartilhar informações úteis para o mercado a respeito do tema:

- Avanço no conhecimento sobre as concretagens quanto a influência da relação entre construtora e fornecedor sobre a produtividade e perdas da mesma e discussão de ações em conjunto com outros agentes envolvidos, conforme sugestões de Isatto (1996), Silva (2000), Freire (2001) e Dantas (2006), apresentadas na introdução deste trabalho.
- Proposição de sugestões a partir de duas abordagens diferentes que possibilitaram a exploração de diferentes formas de pensar o problema, resultando em uma vasta relação de sugestões que podem ser implementadas, servirem de inspiração para desenvolvimento interno ou em parceria entre construtora e fornecedor ou ainda para servirem de referência para ação de entidades de classe que os representem;
- Avaliação dos impactos dos fatores ligados ao relacionamento entre as empresas sobre a produtividade e perdas das concretagens sobre o ponto de vista da construtora e do fornecedor e uma análise de risco considerando o impacto sobre ambos para priorização de ações;

- Avaliação de uma série de sugestões para melhoria de produtividade e redução das perdas em concretagens através da relevância do problema sobre o qual atuam e uma referência do nível de maturidade das sugestões quanto à necessidade de desenvolvimento pelas empresas antes da sua implementação;
- O trabalho, apesar de tratar do relacionamento entre duas empresas específicas, serve de referência para outras construtoras e fornecedores que buscam melhorar a produtividade e reduzir as perdas de suas concretagens através da melhoria do relacionamento entre ambos, pois muitas das atividades e problemas encontrados nas etapas do processo de fornecimento são comuns a outras construtoras e fornecedores. Ainda que não o sejam integralmente, podem ter semelhanças que tornem a análise e as sugestões relevantes.

Além desses pontos, outras contribuições são ressaltadas em maior detalhe nos itens a seguir.

8.2.1 Compilação de dados e recomendações sobre produtividade da construção civil e o subsetor de edificações

No item 1.1 é apresentada uma compilação de análises que demonstram a importância da produtividade para a construção civil e o subsetor de edificações, assim como as características do setor que justificam a manutenção de índices baixos de crescimento da produtividade em relação a outras indústrias, além de recomendações de estudos setoriais nacionais e internacionais quanto às ações necessárias para melhorá-la. Essas ações estão ligadas principalmente ao relacionamento entre os agentes envolvidos na construção, à gestão dos empreendimentos e à inovação, as quais serviram de justificativa e direcionamento do trabalho.

8.2.2 Compilação de formas de se medir a produtividade e perdas de concreto em concretagens

Nos itens 3.2 e 4.2 são apresentadas as diferentes formas de se medir a produtividade e as perdas de concretagens, compiladas a partir de estudos nacionais e internacionais sobre o tema.

8.2.3 Compilação de fatores influenciadores e sugestões de melhoria para produtividade e redução de perdas nas concretagens

Nos itens 3.3, 3.4, 4.3 e 4.4 foram compilados fatores e sugestões de melhoria da produtividade e redução das perdas em concretagens a partir de revisão bibliográfica de 43 estudos nacionais e internacionais relacionados ao tema, facilitando o acesso a informação e avaliação de ações de melhoria pelas empresas interessadas, não apenas ligadas à relação entre construtora e fornecedor.

8.2.4 Compilação de recomendações de entidades nacionais e internacionais relacionadas ao uso do concreto como material de construção

Revisão de documentos publicados por algumas das principais associações internacionais relacionadas ao uso do concreto como material de construção acerca de sugestões para melhoria da produtividade em concretagens, apresentadas no item 6.3.2.4.

8.2.5 Complementação das etapas que compõe a concretagem

O desenvolvimento do fluxo de fornecimento de concreto para atingimento dos objetivos propostos complementou a relação de etapas vinculadas às concretagens já disponíveis em bibliografia e apresentadas no item 2.3. Foram identificadas 8 etapas na revisão bibliográfica e 29 etapas através do EC realizado. A Figura 29 identifica no fluxo de fornecimento de concreto mapeado as etapas que já eram conhecidas. Além de identificar 21 novas etapas, a pesquisa ainda as caracterizou de forma detalhada no Apêndice B quanto às atividades exercidas pela construtora e pelo fornecedor, às áreas e pessoas envolvidas, às interações com outros agentes além da construtora e do fornecedor, aos momentos de interação entre construtora e fornecedor, aos principais problemas que ocorrem em cada etapa e quanto ao impacto das atividades e problemas de cada uma sobre a produtividade e perdas das concretagens.

Figura 29 – Indicação das 6 etapas em cinza (pedido, produção, preparação para concretagem, controle de recebimento, controle de aceitação, transporte do concreto, aplicação e retorno do veículo) já identificadas em referências bibliográficas no fluxo de fornecimento de concreto composto por 29 etapas que foi mapeado.

Fonte: elaborado pelo autor.

8.2.6 Identificação de fatores inéditos que afetam a produtividade das concretagens e as perdas das concretagens

Como mencionado no atingimento dos objetivos, foram identificados diversos fatores que afetam a produtividade e perdas das concretagens ligados à relação entre fornecedor e construtora, os quais são, em sua maioria, inéditos. Na Tabela 110 é apresentada uma comparação desses fatores, apresentados na Tabela 48 a Tabela 66 e Tabela 67 a Tabela 79 com os identificados nos itens 3.3 e 4.3. Mesmo nos casos em que os fatores identificados já haviam sido citados em outras pesquisas, as informações coletadas permitiram um detalhamento maior dos mesmos.

Tabela 110 – Comparação de fatores da revisão bibliográfica e identificados na pesquisa

Tema	Fatores identificados na Revisão Bibliográfica	Fatores identificados na pesquisa	
		Inéditos	Já identificados
Produtividade	64	75	14, sendo eles: B.7, B.8, CC.7, EL.1, EL.4, EL.5, ELP.1, L.1, P.2, P.6, P.7, PB.6, PC.12, PC.13.
Perdas	19	24	8, sendo eles: AP.1, CR.6, CR.7, CR.9, DL.2, EL.1, ES.2, P.1.

Fonte: elaborado pelo autor.

8.2.7 Proposição de sugestões inéditas para a melhoria da produtividade e redução das perdas das concretagens

Como mencionado no atingimento dos objetivos, foram propostas diversas sugestões para melhoria da produtividade e redução das perdas das concretagens a partir do entendimento da relação entre fornecedor e construtora, as quais são, em sua maioria, inéditas. Na Tabela 111 é apresentada uma comparação dessas sugestões, apresentadas na Tabela 80 a Tabela 95 e Tabela 96 a Tabela 108, com as identificadas nos itens 3.4 e 4.4. Mesmo nos casos em que as sugestões identificadas já haviam sido citadas em outras pesquisas, as propostas nesta pesquisa foram mais detalhadas ou foram combinadas com outras sugestões, formando uma solução mais abrangente.

Tabela 111 – Comparação de sugestões da revisão bibliográfica e sugeridas pela pesquisa

Tema	Sugestões identificadas na Revisão Bibliográfica	Sugestões propostas na pesquisa	
		Inéditas	Já identificadas
Produtividade	37	59	6
Perdas	21	22	5

Fonte: elaborado pelo autor.

8.2.8 Complementação do entendimento do impacto das programações na produtividade das concretagens

Anteriormente à realização desta pesquisa, o conhecimento que se tinha com relação à influência da programação na produtividade das concretagens, como demonstrado nos Capítulos 2 e 3, era de que:

- As programações de sexta-feira sofrem mais com trânsito;
- Programações feitas para o período da tarde sofrem mais com interferências de outras obras;
- Volume médio dos caminhões e tamanho das concretagens programadas influenciam na produtividade da mesma;
- A antecedência com que se faz a programação pode inviabilizar o horário e dia desejados para a concretagem;
- A clareza nas especificações técnicas do concreto programado pode afetar a concretagem, caso o concreto não venha com a especificação desejada;

- Mudanças na programação (volume, horário ou cancelamentos) afetam a atividade do fornecedor e podem prejudicar a produtividade das demais obras atendidas;
- Por conta das mudanças de volume e cancelamentos, as centrais aceitam em sua programação um volume de concreto além da sua capacidade, para não ficarem ociosos caso os cancelamentos ocorram, mas correndo o risco de não atenderem bem as obras e prejudicar a produtividade das concretagens caso ninguém cancele ou altere o volume solicitado.

Com as novas informações obtidas a partir da pesquisa, foi possível:

- Identificar 14 fatores que ocorrem na etapa de programação que afetam os tempos de início, intervalo e descarregamento, além da programação em si (Figura 18), como:
 - Erros no envio da programação pela obra (ex: sem indicação do módulo de rigidez; sem indicação do código do traço; envio fora de prazo; envio no prazo correto, mas ao final do dia);
 - Dificuldade em programar concretagens no dia e horário desejado em semanas com feriado;
 - Programação de horário de início da concretagem pela obra, já contando com atraso no envio dos caminhões pelo fornecedor;
 - Programações de uma mesma concretagem feita em mais de um dia pela obra para terem duas opções de data seguidas;
 - Indisponibilidade de bomba para programação de concreto bombeado no dia desejado.
- Identificar 19 fatores que afetam a programação e que ocorrem não apenas na etapa de programação, mas em 7 etapas do fluxo de fornecimento de concreto mapeado (Figura 30), como:
 - Falta de alinhamento entre construtora e fornecedor quanto a cláusulas contratuais relacionadas a obrigações e multas no concreto;
 - Cadastro da obra para fornecimento de concreto feito com pouca antecedência em relação à data da concretagem desejada;

- Falta de alinhamento da área comercial e demais áreas do fornecedor quanto às condições de fornecimento combinadas com a construtora (ex: horário mais cedo de início, prazo para programação, multas por atraso, regras sobre caminhões “a liberar”).

Figura 30 – Distribuição por etapa dos fatores que afetam a programação das concretagens

Fonte: elaborado pelo autor.

- Identificar as causas do cancelamento das programações, as quais se dividem em dois grupos:
 - Causas diretas:
 - Bloqueios de fornecimento pelo fornecedor por conta de atrasos de pagamento pela construtora (esquecimento, desatenção, discussão de cobrança indevida de caminhão ainda em curso ou incompatibilidade de prazos de pagamento praticados pela construtora e pelo fornecedor);

- Traços de concreto solicitados pela obra na programação que ainda não estão cadastrados junto ao fornecedor;
 - Indisponibilidade de crédito da construtora perante o fornecedor para a realização das programações;
 - Necessidade identificada pelo fiscal de bomba de alterar o slump do concreto um dia antes da concretagem programada. Se o traço de slump maior não estiver cadastrado, há o risco de atraso ou cancelamento da programação.
 - Chuvas fortes no dia da concretagem;
 - Falta de energia na obra no dia da concretagem;
 - Problemas na central de concreto.
- Causas indiretas:
- Construtora não envia todas as informações dos traços desejados na etapa de solicitação de proposta ao fornecedor, aumentando o risco de se solicitar traços não cadastrados na etapa de programação;
 - Cadastro da obra para fornecimento de concreto feito com pouca antecedência em relação à data da concretagem desejada;
 - Antecedência de 3 dias exigidas pelo fornecedor para a programação das concretagens, podendo surgir imprevistos nesse prazo que atrasem o ciclo da estrutura e causem seu cancelamento;
 - Falta de flexibilidade do fornecedor com concretagens canceladas ou programadas com menos antecedência do que a antecedência solicitada que acabam gerando práticas não ideais de defesa pela obra (ex: cancelamento em cima da hora para não perder a reserva, início da concretagem mais tarde do que o programado, programação de uma mesma concretagem em mais de um dia pela obra).
 - Fatores que afetam o ciclo de estrutura e que indiretamente afetam a programação, como apresentado na Figura 17 demonstrado no item 7.1.1.1 – “e”, por exemplo: chuvas fortes em

dia anteriores ao da concretagem, funcionários que faltam, quebra de equipamentos da obra durante o ciclo (ex: grua e cremalheira), falta de energia na obra durante o ciclo, grandes atrasos na concretagem que causam atrasos ou retrabalho para o ciclo da estrutura no dia seguinte.

8.2.9 Complementação do entendimento dos atrasos para início de concretagens

Anteriormente à realização desta pesquisa, o conhecimento que se tinha sobre os fatores que afetam o horário de início das concretagens, como demonstrado nos Capítulos 2 e 3, era de que ele é impactado por:

- Antecedência e qualidade da montagem das tubulações de bombeamento;
- Antecedência da disponibilização de equipamentos e ferramentas;
- Disponibilidade de água e energia no pavimento;
- Distância e trajeto entre a central de concreto e a obra;
- Estado dos equipamentos e ferramentas disponibilizados, preferencialmente testados;
- Horário de chegada e montagem da bomba;
- Horário de chegada dos caminhões betoneira;
- Horário de mobilização da equipe de concretagem;
- Horário de término da preparação das fôrmas e armação dos elementos que serão concretados;
- Horário programado de início da concretagem, por concretagens à tarde sofrerem mais com atrasos de outras obras;
- Tempo para liberação do envio de caminhões “a liberar” pela obra.

Com as novas informações obtidas a partir da pesquisa, foi possível:

- Identificar 17 fatores que ocorrem nas etapas de preparativos para a concretagem (8) e preparação da bomba e tubulação (9), etapas mais diretamente ligadas ao tempo de início, e que também afetam os tempos de descarregamento, caminhão e o de início em si, além da programação e o ciclo da estrutura (Figura 18), como:

- Atraso no envio da bomba à obra devido a:
 - Atraso em concretagem do dia anterior com o mesmo operador de bomba e descanso mínimo “interjornada” que eles devem cumprir;
 - Atraso em concretagem mais cedo no mesmo dia, com a mesma bomba e operador;
 - Problemas técnicos na bomba.
 - Interferências de caçambas, materiais e outros caminhões no acesso à obra e posicionamento da bomba e dos caminhões betoneira;
 - Demora pela obra na liberação do acesso da bomba e caminhões betoneira ao canteiro;
 - Chuva forte no dia da concretagem.
- Identificar 37 fatores que afetam o tempo de início e que ocorrem não apenas nas etapas de preparativos para a concretagem e preparação da bomba e tubulação, mas em 13 etapas do fluxo de fornecimento de concreto mapeado (Figura 31), como:
 - Erros na programação pela obra;
 - Escolha de fornecedores com histórico de atraso ou condições de fornecimento não ideais;
 - Estudo logístico da obra incompleto e com envolvimento insuficiente do fornecedor;
 - Falta de alinhamento da área comercial e demais áreas do fornecedor quanto às condições de fornecimento combinadas com a construtora;
 - Falta de cláusulas específicas em contrato que abordem as condições para início da concretagem, pela construtora e pelo fornecedor, e o estabelecimento de parâmetros para controle;
 - Instruções pouco detalhadas dadas aos motoristas e operadores de bomba sobre as melhores rotas até a obra;
 - Maior concorrência de programação em semanas de feriado e em sexta-feira e quarta-feira, em geral;
 - Programações com um horário de início definido pela obra, contando com atraso no envio de caminhões do fornecedor.

Figura 31 – Distribuição por etapa dos fatores que afetam o tempo de início das concretagens

Fonte: elaborado pelo autor.

8.2.10 Complementação do entendimento dos intervalos entre descarregamento de caminhões betoneira

No Apêndice E, foram avaliados os intervalos entre descarregamento de caminhões, os quais foram classificados em dois tipos: quando o caminhão seguinte já está no canteiro e quando o caminhão seguinte ainda não está canteiro. Esses intervalos variam quanto à sua duração, à composição do tempo, à sua causa e impacto na duração da concretagem.

Um desses tempos não foi encontrado em outras referências bibliográficas, mas foi de especial interesse para o foco deste estudo: o tempo ocioso dos caminhões betoneira no canteiro, aguardando o término do descarregamento do anterior. Esses

dados acrescentaram a visão do fornecedor na análise dos intervalos, pois, dado que uma das principais causas de atrasos no fornecimento de concreto são os pequenos atrasos de cada obra, ter filas de caminhões no canteiro com longo tempo de ociosidade de cada um pode parecer benéfico à princípio, mas ao pensar o fornecimento de concreto como uma relação entre várias obras, tempos longos de ociosidade dos caminhões no canteiro podem ser prejudiciais a todos.

8.2.11 Complementação do entendimento de causas de discussão com relação ao volume de concreto entregue

Nos Apêndices F, G e H, foram avaliadas possíveis causas de discussões com relação ao volume de concreto entregue: imprecisão do volume teórico calculado; imprecisão na definição do traço pelo fornecedor; imprecisão na pesagem dos caminhões pelo fornecedor; respectivamente, com destaque para a grande quantidade de dados de pesagem de caminhões avaliadas estatisticamente e que demonstraram diferentes padrões de precisão de pesagem entre fornecedores de diferentes e que podem influenciar a precisão no volume de concreto fornecido às obras.

8.2.12 Referência metodológica de uso de um Estudo de Caso único com múltiplas fontes de evidências

Referência metodológica de uso de um Estudo de Caso único com múltiplas fontes de evidências e abordagem quantitativa e qualitativa com caracterização detalhada dos preparativos e das coletas de dados, apresentada no Apêndice A.

8.2.13 Referência metodológica de uso da abordagem do Design Thinking para a proposição de soluções para problemas da construção

Referência metodológica de uso da abordagem do Design Thinking para resolução de problemas de engenharia com o detalhamento das etapas de preparativo, das ferramentas utilizadas, das dinâmicas realizadas e da estruturação dos workshops, apresentado no Apêndice I, o qual pode ser adotado como uma forma colaborativa para entendimento de um problema e proposição de solução para outros desafios na área da engenharia.

8.3 SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS

Algumas das lacunas identificadas ao longo do desenvolvimento do trabalho e possibilidades de desenvolvimento científico identificadas a partir das soluções sugeridas de aumento da produtividade e redução das perdas são listadas a seguir:

- Estudo da reologia do concreto, sua composição e comprimento máximo recomendado de tubulação vertical e horizontal para bombeamento em função de curvas na tubulação, diâmetro da tubulação, além de outros fatores que possam influenciar, de modo a se criar um ábaco que elimine os casos de problemas de bombeamento por erro na especificação do slump do concreto, hoje feito com base na experiência e a partir de uma relação que não é aplicável. Uma solução alternativa de aumento do slump para se evitar o problema, sem domínio total do critério, pode levar a uma opção não racionalizada;
- Desenvolver formas práticas de controle do volume de concreto entregue pela obra ou formas de correlacionar a precisão no volume de concreto com outras características do traço mais facilmente determináveis, como, por exemplo, correlacionar o desvio padrão do fck do concreto com o desvio padrão da pesagem dos componentes do concreto na central.
- Avaliação quantitativa dos fatores identificados sobre a produtividade das concretagens e as perdas de concreto.
- Avaliar o papel das entidades de classe, enquanto mediadores e defensores de interesses das partes que representam com o setor, frente a desafios de produtividade e perdas dos serviços de construção e como elas poderiam influenciá-los positivamente;
- Estudos nacionais de modelagem do fornecimento de concreto para sua automatização de forma que já considere as diversas situações que surgem ao longo do dia e as interferências do fornecimento entre obras e entre centrais para ganho de eficiência, a exemplo do feito por Graham, Forbes e Smith (2006);
- Desenvolver e implementar as sugestões para melhoria da produtividade e redução das perdas apresentadas e quantificar seu impacto sobre as concretagens.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland – Preparo, Controle, Recebimento e Aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015. 23p.

_____**NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004. 53 p.

_____**NBR 16607**: Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 4p.

_____**NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 9p.

_____**NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018. 9p.

_____**NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 9p.

_____**NBR 7212**: Execução de concreto dosado em central – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 16p.

_____**NBR 9833**: Concreto fresco – Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro: ABNT, 2008. 7p.

_____**NBR NM 33**: Concreto – Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. 5p.

_____**NBR NM 52**: Agregado Miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. 6p.

_____**NBR NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Indicadores de produtividade e perdas para processos à base de cimento**. 2013. Disponível em: <<http://www.comunidade-da-construcao.com.br/upload/ativos/351/anexo/caderno-re.pdf>>. Acessado em: 13 de agosto de 2018.

ABDEL-RAZEK, R. H; ELSHAKOUR, H.A; ABDEL-HAMID, M. **Labor productivity: Benchmarking and variability in Egyptian projects**. International Journal of Project Management, v.25, p. 189-197, 2007.

AGOPYAN, V. et al. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras**: Resultados. Relatório Final: volume 3. Departamento de Engenharia de Construção Civil – PCC-EPUSP, São Paulo, 1998.

ALT L.; BODIAN, S. **Design Thinking Brasil: empatia, colaboração e experimentação para pessoas, negócios e sociedade**. Alta Books Editora, 2018.

ALVES, P.M.C. **Relacionamento cliente/fornecedor na indústria da construção civil: novas tendências voltadas para um contexto de qualidade e produtividade**. Dissertação (mestrado em Engenharia da Produção)-UFSC. Florianópolis, 1997.

ANDRADE, A. C. **Método para quantificação das perdas de materiais em obras de construção de edifícios: superestrutura e alvenaria.** 1999. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

ANDRADE, A. C.; SOUZA, U.E.L. **Método para quantificação de perdas de materiais nos canteiros de obras de construção de edifícios: superestrutura e alvenaria.** Boletim Técnico – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ANDRADE, F. K. G.; PINHO, S. A. C.; LORDSLEEM JR., A. C. **Perdas e produtividade da mão de obra na concretagem de edifícios.** In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 14, 2012, Juiz de Fora. Anais... São Paulo: ANTAC, 2012.

ANSON, M.; ASTON, D. E.; COOKE, T.H. **Concrete pumping in the UK and West Germany.** Proc. Inst. Of Civ. Engrs, part 1. UK: 1989. P. 41-57.

ANSON, M.; WANG, S. Q. **Performance of Concrete Placing in Hong Kong Buildings.** *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 124, n.2, p.116 – 124. 1998.

ARAUJO, H.N. **Estudo da competitividade setorial no grupo de relação: construtora e empreiteira de mão-de-obra-Indústria da construção civil.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina. Pós-Graduação em Engenharia de Produção. 2003. P. 244.

ARAÚJO, L. O. C. et al. **O Microplanejamento do Serviço de Concretagem:** Análise e aplicabilidade das ferramentas da qualidade. II Sibrageq-2º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, Fortaleza/CE: ANTAC/UFC/Unifor/CEFET, 2001.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO (ABRAMAT). **Perfil da Indústria de Materiais de Construção.** São Paulo: ABRAMAT, 2015. Disponível em: <<http://www.abramat.org.br/datafiles/238gosto238ia238238/ed2015final.pdf>>. Acessado em: 13 de agosto de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM DO BRASIL (ABESC). **Manual do concreto dosado em central.** São Paulo: ABESC, 2007. Disponível em: <www.abesc.org.br/pdf/manual.pdf>. Acessado em: 25 de junho de 2018.

BARBOSA et al. **Reinventing construction:** a route to higher productivity. McKinsey Global Institute, 2017.

BARROS, M. M. S. B.; MELHADO, S. B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios.** 1998.

BRITISH READY MIXED CONCRETE ASSOCIATION (BRMCA). **Ready-mixed concrete resource efficiency action plan.** 2014. Disponível em: <<http://www.brmca.org.uk/>>. Acesso em: 01 mai.2017.

BROOMFIELD, J. R.; PRICE, A. D.; HARRIS, F. C. **Production analysis applied to work improvement**. Proc, Inst. Civ. Engrs., 1984, 379-386.

BROWN, T. **Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2017.

BUKHART, A.F. **Selecting a wall forming system for your next job**. In: SEMINAR SELECTING AND USING WALL FORMS. Louisiana: Aberdeen, 1994. Anais... p. 18-53.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Estratégias para a formulação de Política de Ciência, Tecnologia e Inovação para a indústria da Construção Civil**. São Paulo: CBIC, 2013. Disponível em: < https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Estrategias_para_a_formulacao_de_Politica_de_Ciencia_Tecnologia_e_Inovacao_para_a_industria_da_Construcao_Civil_2013.pdf>. Acessado em: 15 de 239 agosto de 2018.

CARRARO, F. **Produtividade da mão-de-obra no serviço de alvenaria**. 1998. 226p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

CASALI, J. M.; SANTOS, S. **Resíduos gerados em central dosadora de concreto: um estudo de caso**. Florianópolis: ENTAC, 2006. 10 p.

CAVALCANTI, C. M. C. **Contribuições do Desing Thinking para concepção de interfaces de ambientes virtuais de aprendizagem centradas no ser humano**. 2015. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

CEOTTO, L.H. **O desperdício na construção civil**. Construção, v.48, n.2480, p.27-28, 1995.

CEMENT SUSTAINABILITY INITIATIVE (CSI). **Recycling concrete**. 2009. Disponível em: <<https://www.wbcsdcement.org/>>. Acesso em: 01 mai.2017.

CHRISTIAN, J.; HACHEY, D. **Effects of delay times on production rates in construction**. Journal of Construction Engineering and Management, v. 121, n. 1, p. 20-26, 1995.

CONCRETE SOCIETY. **Formwork: a guide to good practice**. 2ª edição. Berkshire, United Kingdom: 1995.

COSTA, D. B. **Diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas de construção civil**. 176f. 2003. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

DAMIÃO, M.T. et al. **Variação da produtividade da mão-de-obra em função da tipologia adotada para a estrutura de concreto armado**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16. 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

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

DÓREA, S.C.L.; SOUZA, U.E.L. **Produtividade do serviço de concretagem em edifícios – casos práticos**. In: Simpósio brasileiro de gestão da qualidade e

organização do trabalho – SIBRAGEC: A competitividade da construção civil no novo milênio. P.449-460. Anais... Recife: 1999.

DUNLOP, P.; SMITH, S. D. **Planning, estimation and productivity in the lean concrete pour**. Engineering, Construction and Architectural Management, 2004, v. 11, n.1, p.55-64.

EL-GOHARY, K.M.; AZIZ, R.F. **Factors Influencing Construction Labor Productivity in Egypt**. Journal of Management in Engineering, v.30, n.1, p.1-9, 2014.

FACHINI, A. C. **Subsídios para a programação da execução de estruturas de concreto armado no nível operacional**. São Paulo, 2005. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

FACHINI, A. C.; SOUZA, U.E.L. **Diretrizes para a programação operacional da execução da estrutura de concreto armado**. Brasil–Florianópolis, SC. 2006.

FARIA R. Desperdício mínimo. **Revista Técnica**, v. 113, p. 4, ago. de 2006. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/113/artigo286066-1.aspx>>. Acesso em: dez. 2017.

FIESP/CIESP. **Brasil 2022: planejar, construir, crescer**. Caderno Técnico ConstruBusiness 2016, Congresso Brasileiro da Construção, 12. Ed., São Paulo, 2016.

FORMOSO, C. T. et al. **As perdas na construção civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**. Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 1996.

FORMOSO, C. T. et al. **Perdas de materiais na construção de edificações: estudo em canteiros de obras no estado do Rio Grande do Sul**. São Paulo, 1998.

FREIRE, T. M. **Produção de estruturas de concreto armado, moldadas in loco, para edificações: caracterização das principais tecnologias e formas de gestão adotadas em São Paulo**. 2001. 325 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

FREIRE, T.M.; SOUZA, U. E. L. **Alternativas para a redução do consumo de materiais e mão-de-obra no serviço de concretagem**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 8. 2000, Salvador. Anais... Salvador: ANTAC, 2000.

GERBERT, P.; ROTHBALLER, S. C. C.; RENZ, A. **Shaping the future of construction a breakthrough in mindset and technology**. In: World Economic Forum (WEF). 2016.

GERHARDT, T.E.; SILVEIRA, D.T. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. Ed. Editora Atlas SA, 2008.

GRAHAM, L. D.; FORBES, D. R.; SMITH, S. D. **Modeling the ready mixed concrete delivery system with neural networks**. Automation in construction, 2006, v. 15, n. 5, p. 656-663.

GUIMARÃES, A. T. C. **Propriedades do concreto fresco**. Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005, p. 473-494.

HONG KONG POLYTECHNIC (Department of Building and Real Estate). **Reduction of construction waste, final report**. The Hong Kong Construction Association Ltd. Hong Kong, march, 1993, 93 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE CONCRETO (IBRACON). **Concreto: Material construtivo mais consumido no mundo**. Concreto & Construções, São Paulo, 2009, v. 37, n. 53, p. 78.

ISATTO, E. L. **As Relações entre Empresas Construtoras de Edificações e seus Fornecedores de Materiais**. 1996. 152 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

JARKAS, A. M. **Buildability factors influencing concreting labor productivity**. Journal of Construction Engineering and Management, 2012, v. 138, n. 1, p.89-97.

JARKAS, A. M.; HORNER R.M.W. **Creating a baseline for labour productivity of reinforced concrete building construction in Kuwait**. Construction Management and Economics 33.8 (2015): 625-639.

KAZAZ, A. et al. **Fresh ready-mixed concrete waste in construction projects: a planning approach**. Organization, technology & management in construction: an international journal 7.2 (2015): 1280-1288.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford university, Stanford, 1992.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003. 270 p.

LANTELME, E. M. V. **Proposta de um sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil**. 1994. Dissertação (Mestrado) – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

LIM, E. C.; ALUM, J. **Construction productivity: issues encountered by contractors in Singapore**. International journal of project management, 13(1), 51-58. 1995.

LU, M.; ANSON, M. **Establish concrete placing rates using quality control records from Hong Kong building construction projects**. Journal of Construction Engineering and Management, 2004, v. 130, n.2, p.216-224.

MALLMANN, D. O. **Análise das políticas de suprimento praticadas pelas grandes empresas industriais brasileiras**. 2000.

MEHTA, P.K., MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. IBRACON. 2008.

MELO, R. R. S.; COSTA, D. B. **Produtividade da mão de obra para estrutura de concreto armado> ênfase nos fatores influenciadores**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 16, 2016, São Paulo. Anais. São Paulo: ANTAC, 2016.

MINGIONE, C.M. **Produtividade na montagem de estruturas de aço para edifícios**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2016.

MONTEIRO FILHA, D.C. et al. **Construção civil no Brasil: investimentos e desafios**. In: Ernani Torres, Fernando Puga e Beatriz Meirelles. (Org.). Perspectivas de Investimento 2010 -2013. 1ed.Rio de Janeiro: BNDES, 2011, v. , p. 300-356.

MOON, S.; YANG, B. **Effective monitoring of the concrete pouring operation in RFID-based environment**. Journal of Computing in Civil Engineering, 2010, v. 24, n. 1, p.108-116.

MUQEEM, S. et al. **Prediction modeling of construction labor production rates using Artificial Neural Network**. 2011.

NATIONAL READY MIXED CONCRETE ASSOCIATION (NRMCA). **Sustainability Initiatives**. 2009. Disponível em: <<https://www.nrmca.org/>>. Acesso em: 03 mai.2017.

OLIVEIRA, U.R.; PAIVA, E.J.; ALMEIDA D.A. **Metodologia integrada para mapeamento de falhas: uma proposta de utilização conjunta do mapeamento de processos com as técnicas FTA, FMEA e a análise crítica de especialistas**. Revista Produção 20.1 (2010): 77-91.

PALIARI, J.C. ET AL. **Avaliação das perdas de concreto usinado nos canteiros de obras**. Anais.. Foz do Iguaçu, Paraná: ANTAC, 2002.

PALIARI, J.C. **Metodologia para coleta e análise de informações sobre perdas e consumos de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios**. 1999. 473p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PALIARI, J.C.; SOUZA, U.E.L. **Sistema Gesconmat: A redução das perdas de blocos**. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, p. 2546-55.

PARK, M. et al. **Supply chain management model for ready mixed concrete**. Automation in Construction, 2011, v.20, p.44-55.

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

PINI. **TCPO 2014**: Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos. 14, ed. São Paulo: Editora PINI, 2014.

RANDOLPH, T. H.; IACOVOS, Y. **Factor Model of Construction Productivity**. Journal of Construction Engineering and Management, 1987, v. 113, n. 4, p. 623–639.

REGATTIERI, C.E.X.; MARANHÃO, F. L. **Produção e controle de concreto dosado em central**. Concreto: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011, v. 1.

SANTO, L.S.E. **Diagnóstico quanto à gestão do consume de materiais nos canteiros de obras**. 2008. 215 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

SANTOS, A. J. B. **Sistematização de procedimentos de execução de serviços: infraestrutura e estrutura de concreto armado**. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 2014. 247p.

SCHMIEDGEN, J. et al. **Parts without a whole?**. (2015).

SILVA F.B. **Conceitos e diretrizes para gestão da logística no processo de produção de edifícios**. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2000.

SILVA, M. A. C. **Necessidades de ações de desenvolvimento tecnológico na produção da construção civil**. 2000.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações: sua incidência e seu controle**. 1993.

SOUZA, A. L. R. **O projeto para produção aplicado à racionalização das lajes de concreto armado de edifícios**. 1996. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SOUZA, U. E. L. **Método para a previsão da produtividade da mão-de-obra e do consumo unitário de materiais para os serviços de fôrmas, armação, concretagem, alvenaria, revestimentos com argamassa, contrapiso, revestimentos com gesso e revestimentos cerâmicos**. 2001.

SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C. **Proposição de indicadores mais eficazes para a avaliação das perdas de materiais nos canteiros de obras**. São Paulo, 2006.

SOUZA, U.E.L. **Como reduzir perdas nos canteiros—manual de gestão do consumo de materiais na 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. et al. **Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obras: a quebra do mito**. 1998.

SOUZA, U.E.L. **Metodologia para o estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de fôrmas para estruturas de concreto armado**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996. P.280.

SOUZA, U.E.L.; AGOPYAN, V. **Estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de formas para estruturas de concreto armado**. [S.l: s.n.], 1996.

TAM, V. W. **On the effectiveness in implementing a waste-management-plan method in construction**. Waste management, 28(6), 1072-1080. 2008.

TANGO, C.E.S. **Produção, transporte e controle do concreto**. Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005, 2: 495-525.

TANIGUTI, E. **Panorama do mercado de concreto**. Trabalho apresentado ao Seminário Desafios do Projeto, Produção e Aplicação do Concreto, 2015, São Paulo. Não publicado.

TANIGUTI, E. **Pesquisa sobre sistemas construtivos: ênfase em parede de concreto**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2014. (Apresentação).

THE CONCRETE CENTRE (TCC). **Concrete industry sustainability performance report**. 2015. Disponível em: <<https://www.concretecentre.com/>> Acesso em: 22 abr. 2017.

THOMAS Jr, H. R.; SMITH G. R. **Loss of construction labor productivity due to inefficiencies and disruptions: The weight of expert opinion**. No. PTI Report 9019. 1990.

THOMAZ, E. **Execução, controle e desempenho das estruturas de concreto.** Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005, 2: 527-581.

VARGAS, C. L. S. et al. **Custos médios dos serviços em edificações baseados em série histórica de orçamentos reais.** In: 5º Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais, 2010, Ponta Grossa. Anais... Ponta Grossa: AEAPG, 2010.

VIANNA, M. et al. **Design thinking:** inovação em negócios. Rio de Janeiro: MJV Press, 2012. 162p.

WANG, S. Q.; ANSON, M. **Comparison of the concreting productivities in Hong Kong and Beijing and a proposed comparison methodology.** Construction Management and Economics, 2000, v.18, n.3, p.363-372.

WANG, S. Q.; OFORI, G.; TEO, C.L. **Productivity of ready mixed concrete placing in Singapore.** Journal of Construction Research, 2001, v.2, p.53-62.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 2. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). **Cement technology roadmap 2009.** 2009. Disponível em: <<http://wbcsdcement.org/>> Acesso em: 01 mai. 2017.

ZEGARRA, S.L.V. **Diretrizes para elaboração de um modelo de gestão dos fluxos de informações como suporte à logística em empresas construtoras de edifícios.** Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2000. P. 139.

APÊNDICE A – PROCEDIMENTO DO ESTUDO DE CASO

1. Preparativos

Os preparativos se constituíram em:

- Definir as questões do estudo de caso alinhadas com o objetivo da pesquisa;
- Formalizar o aceite das empresas e possibilidade de consulta às fontes de evidência desejáveis;
- Definição dos instrumentos e cuidados necessários para coleta das evidências;
- Definição do sequenciamento de coleta das evidências.

1.1. Formalização do aceite e das fontes de evidência

Para a formalização do aceite de participação das empresas, foram feitos contatos em dois momentos:

- Primeiramente, um contato inicial com representantes da alta hierarquia de cada empresa, separadamente, que pudessem responder pelas áreas que seriam envolvidas para uma breve apresentação da pesquisa e convite para a participação em uma reunião com os demais envolvidos para detalhamento da pesquisa e formalização do início;
- Em seguida, uma reunião com representantes das empresas e outros agendes, envolvidos na cadeia produtiva das concretagens sob a ótica da construtora, com experiência no tema e com os quais a empresa tinha relação para: apresentação detalhada da pesquisa; discussão da proposta de pesquisa; formalização e registro do aceite; e definição de um canal oficial de contato entre as empresas e o pesquisador. O conteúdo apresentado na reunião foi: apresentação do programa de mestrado; apresentação e justificativa do tema; objetivos da pesquisa; método adotado; cronograma de desenvolvimento; fontes desejáveis de evidência, envolvimento desejável de áreas e pessoas; tempo estimado de envolvimento das empresas. Participaram da reunião:
 - Diretor técnico da construtora
 - Gerente técnico da construtora;
 - Gerente comercial do fornecedor;

- Coordenador de logística do fornecedor;
- Membro da ABESC (Associação Brasileira das Empresas Prestadoras de Serviços de Concretagem);
- Consultor em tecnologia do concreto.

Com a formalização do aceite e alinhamento quanto às áreas e pessoas que poderiam ser envolvidas e fontes de informações que poderiam ser consultadas, foram definidos os instrumentos de pesquisa que seriam utilizados.

1.2. Definição dos instrumentos e cuidados necessários para coleta das evidências

Os instrumentos foram escolhidos com o objetivo de responder às perguntas do estudo de caso e possibilitar o atingimento dos objetivos geral e específicos da pesquisa, se complementando e aumentando a validade e detalhamento das informações coletadas. Para se certificar disso, cada instrumento foi relacionado ao contexto e questões do EC e sua definição, forma de uso e cuidados necessários estão indicados nos itens a seguir.

Tabela A1 – Instrumentos de pesquisa do EC

Questões do estudo de caso	Requisitos	Instrumento
Contexto: relacionamento entre fornecedor e construtora nas etapas do fornecimento de concreto, do primeiro ao último contato entre as empresas, sob a ótica da construtora, considerando concretagens em edifícios residenciais em ERCA com concreto dosado em central, bombeado, armação passiva e sistema de fôrma tramado.	Caracterizar as empresas e identificar as áreas envolvidas no processo de fornecimento de concreto	Entrevistas semiestruturadas
	Identificar e caracterizar as etapas do processo de fornecimento de concreto, do primeiro ao último contato entre as empresas, quanto às atividades realizadas, aos envolvidos e ao relacionamento entre as ambas.	Entrevistas semiestruturadas Observação sistemática
Como o relacionamento entre as empresas influencia a produtividade e perdas de concreto das concretagens em cada uma das etapas do fornecimento de concreto?	Identificar o impacto direto ou indireto do relacionamento entre as empresas na produtividade e perdas de concreto das concretagens em cada uma das etapas.	Entrevistas semiestruturadas
		Observação sistemática Pesquisa documental de fonte primária
Por que o relacionamento entre as empresas não ocorre da maneira ideal nessas etapas e prejudica a produtividade e perdas de concreto das concretagens?	Identificar atividades e principais problemas derivados do relacionamento entre as empresas em cada uma das etapas que impactam a produtividade e perdas de concreto das concretagens.	Entrevistas semiestruturadas
		Observação sistemática Pesquisa documental de fonte primária

Fonte: elaborado pelo autor.

a) Entrevista semiestruturadas

As entrevistas podem ser classificadas em três tipos quanto à sua estrutura: estruturada, semiestruturada e não estruturada (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Todas as entrevistas adotadas no EC foram do tipo semiestruturada, que envolve a definição prévia das perguntas que serão feitas ao entrevistado (questionário), mas também permite que o entrevistador faça outras perguntas relacionados ao tema da entrevista não previstas inicialmente.

Elas foram adotadas por (LAKATOS; MARCONI, 2003):

- Permitirem a obtenção de informações sobre o processo de fornecimento de concreto não contidas em fontes escritas;
- Possibilitar o esclarecimento das perguntas pelo entrevistador durante a entrevista, gerando informações mais precisas;
- A elaboração prévia do questionário garantir ao entrevistador maior segurança de que todas as questões relevantes à pesquisa foram abordadas;
- Dar liberdade de explorar assuntos relacionados ao tema da entrevista, mas não previstos inicialmente;
- Poder ser utilizada com qualquer perfil de entrevistado.

A abordagem qualitativa desse instrumento se deve ao fato das entrevistas buscarem descrever de forma aprofundada o fornecimento de concreto e a relação entre as empresas.

As áreas envolvidas foram definidas em conjunto com as empresas na reunião de início e com base nos organogramas disponibilizados. Procurou-se entrevistar pessoas de diferentes níveis hierárquicos, mesmo dentro de uma mesma área, para complementar as visões sobre a atividade desenvolvida e os principais problemas e dificuldades encontradas. Na Figura A1 está uma representação esquemática das áreas envolvidas elaborada a partir do organograma do fornecedor, que por ser extenso e ter várias ramificações foi resumido, e na Figura A2 o organograma da construtora, ambos relativos às áreas envolvidas no trabalho. As pessoas entrevistadas estão destacadas na cor cinza.

As questões das entrevistas semiestruturadas foram definidas com base em referências anteriores de pesquisas relacionadas a entendimento de fluxo de informações, gestão de obra e de fornecedores como Lantelme (1994), Alves (1997), Silva F.B. (2000), Mallmann (2000), Zegarra (2000), Araújo (2003) e Costa (2003) e em pontos específicos relacionados ao tema da pesquisa para possibilitar a caracterização de todas as etapas de fornecimento de concreto do estudo e o relacionamento entre as empresas.

Os questionários, os preparativos e a forma de registro das entrevistas estão detalhados no item “Coleta de Dados” a seguir.

Figura A1 – Representação das áreas envolvidas do fornecedor com indicação dos entrevistados em cinza

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura A2 – Organograma das áreas envolvidas da construtora com indicação dos entrevistados em cinza

Fonte: elaborado pelo autor.

b) A observação

Segundo Gerhardt e Silveira (2009), a observação consiste em “ver, ouvir e examinar os fatos e fenômenos que se pretende investigar” e pode ser de 3 tipos: simples ou assistemática; sistemática ou não participante; e participante.

No EC foi adotada a observação sistemática por ser a mais adequada quando se quer descrever de forma detalhada um fenômeno, sendo necessário a elaboração de um plano antes do início da sua execução e, para isso, presume-se que o pesquisador já saiba quais informações são relevantes para o estudo (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Nesse tipo de observação, ainda há a possibilidade de se fazer

perguntas aos agentes observados para complementar a interpretação do pesquisador.

A abordagem qualitativa das observações se justifica por serem utilizadas para aprofundar o entendimento da relação entre as duas empresas, com uma visão mais próxima dos acontecimentos com alguns participantes-chave do processo.

De forma similar às entrevistas, esse tipo de observação foi adotado por:

- Permitirem a obtenção de informações sobre o processo de fornecimento de concreto não contidas em fontes escritas e que não seriam citadas pelos entrevistados;
- Possibilitar o esclarecimento sobre situações observadas, gerando informações mais precisas;
- A elaboração prévia do plano de observação garantir ao entrevistador maior segurança de que todas as questões relevantes à pesquisa foram abordadas.

As observações, os pontos observados e suas finalidades estão descritos nas Tabela A1 e A2. O plano das observações, preparativos e forma de registro estão detalhados na seção “Coleta de Dados”.

Tabela A2– Observações com o Fornecedor

Detalhamento	Finalidade
Realizada em duas centrais do fornecedor durante meio período em cada, acompanhado seu funcionamento	Entender as principais estruturas que compõe uma central, o processo de produção do concreto e complementar o entendimento do ciclo de atividades de envio de cada caminhão betoneira.
Realizada durante meio período de dois dias de trabalho de uma central dosadora, acompanhando as atividades do operador da balança e líder da central	Constatar atividades, problemas e dificuldades citadas nas entrevistas e complementar o entendimento de etapas que ocorrem nas centrais e que os funcionários das centrais participam.

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela A3 – Observações com a Construtora

Detalhamento	Finalidade
Realizada durante meio período de dois dias de concretagem em obra, acompanhando as atividades de estagiários.	Constatar atividades, problemas e dificuldades citadas nas entrevistas e complementar o entendimento das etapas que ocorrem na obra e que os estagiários que cuidam das concretagens participam.
Realizada durante a avaliação do volume de concreto entregue à obra, solicitada pela construtora, sendo uma vez executada por laboratório de	Complementar o entendimento da etapa de carregamento dos caminhões e dos desvios inerentes à pesagem do concreto inerentes nas centrais.

Detalhamento	Finalidade
controle tecnológico e outra pelo próprio fornecedor, em obras diferentes.	

Fonte: elaborado pelo autor.

c) Pesquisa Documental

A pesquisa documental se assemelha à pesquisa bibliográfica já apresentada, mas enquanto a pesquisa bibliográfica se baseia principalmente em livros, artigos científicos, teses e dissertações, a pesquisa documental pode se basear em outros tipos de documentos contemporâneos ou retrospectivos, considerados cientificamente autênticos (não-fraudados), divididos em dois grupos principais: primários ou sem tratamento analítico; e secundários ou que já passaram por algum tipo de tratamento analítico (GIL, 2008; GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Esse instrumento foi adotado como uma fonte alternativa de informações para complementar o EC com uma abordagem quantitativa dos dados numéricos consultados, buscando cruzá-las com as informações provenientes dos demais instrumentos. De fato, de acordo com Gil (2008):

Algumas pesquisas elaboradas com base em documentos são importantes não porque respondem definitivamente a um problema, mas porque proporcionam melhor visão desse problema ou, então, hipóteses que conduzem a sua verificação por outros meios.

Os documentos analisados são retrospectivos, referentes às obras já executadas da construtora e do tipo primário e secundário. A abordagem quantitativa desse instrumento se deve principalmente à análise estatística feita a partir dos documentos do tipo primário. Os documentos do tipo secundário, os quais já passaram por tratamento analítico, não passaram por análise estatística do pesquisador mas contribuíram com informações complementares.

Nos casos em que se adotou algum procedimento estatístico, foram explicitados os cálculos e referências utilizadas.

Nas tabelas a seguir estão as fontes consultadas do fornecedor (Tabela A3) e da construtora (Tabela A4).

Tabela A4 – Fontes do fornecedor

Documentos	Tipo	Detalhamento	Objetivo
Contrato de prestação de serviço de concretagem	Primário	Modelo contratual utilizado pelo fornecedor.	Checar a existência de cláusulas relacionadas a produtividade e como são abordadas.

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela A5 – Fontes da construtora

Documentos	Tipo	Detalhamento	Objetivo
Contrato de prestação de serviço de concretagem	Primário	Modelo contratual elaborado pela construtora.	Checar a existência de cláusulas relacionadas a produtividade e como são abordadas.
E-mails de programação de concretagem	Primário	E-mails trocados entre obra e fornecedor ao longo da execução da estrutura de uma obra da construtora.	Avaliar questões relacionadas a programações que não foram citadas pelas partes durante as entrevistas e constatar as citadas.
Tempos de concretagem monitorados pela construtora	Primário	Tempos registrados em fichas de controle de recebimento do concreto pelo moldador do controle tecnológico durante a execução de 6 obras da construtora por 3 fornecedores diferentes, sendo um deles o do EC.	Avaliar estatisticamente e identificar ineficiências no fornecimento e descarregamento do concreto.
Projetos da construtora	Primário	Projetos estruturais e sistemas prediais de 4 obras da construtora.	Checar se volume não descontado de armações e instalações embutidas no cálculo do volume teórico pela construtora é representativo.
Dados de pesagem do concreto por balança rodoviária	Primário	Dados de pesagem do concreto obtidos através de balança rodoviária da construtora pela diferença do peso antes do descarregamento e após o descarregamento de concreto de caminhões de 5 obras, ao longo de 3 anos e abastecidas por 3 fornecedores diferentes, sendo um deles o do EC.	Avaliar estatisticamente, identificar desvios inerentes à pesagem do concreto e comparar com referências normativas.

Fonte: elaborado pelo autor.

1.3. Sequenciamento de coleta de evidências

O estudo de caso se iniciou pelas entrevistas, sem sequenciamento de envolvimento dos entrevistados. Em seguida, foram feitas as observações e depois

as pesquisas documentais, ambas para complementar o entendimento das entrevistas e das etapas mapeadas, conforme indicado na coluna “Finalidade” nas Tabelas A2, A3, A4 e A5.

As primeiras observações foram feitas nas 2 centrais para acompanhamento do seu funcionamento, passando em seguida para o acompanhamento das atividades dos líderes e dos operadores da balança.

As pesquisas documentais se iniciaram pelos relatórios anuais para caracterização das empresas, passando em seguida para as demais fontes à medida em que eram disponibilizadas, sem sequenciamento definido.

Figura A3 – Sequenciamento de coleta de evidências

Fonte: elaborado pelo autor.

2. Coleta de dados

2.1. Entrevistas

a) Questionários

Os questionários foram divididos em quatro partes:

- 1) Caracterização do entrevistado (aplicável a todas as entrevistas): nome, cargo, tempo de empresa, o que faz, o que mais gosta no trabalho, o que menos gosta no trabalho e como classificaria seu trabalho;

2) Entendendo o trabalho do entrevistado (aplicável a todas as entrevistas, menos com diretores) para visão geral do processo de fornecimento de concreto, caracterização das etapas e identificação de oportunidades de melhoria:

- Etapas do processo de fornecimento de concreto de que faz parte (elaborado inicialmente pelo pesquisador com base em referências bibliográficas e experiência profissional com o tema e que foi atualizado com base nas informações coletadas);
- Principais atividades em cada uma delas;
- Principais atividades de controle em cada uma delas;
- Ferramentas, softwares e indicadores utilizados em cada uma delas;
- Quais são as interações com o fornecedor/construtora em cada uma delas;
- Quais são os principais problemas e dificuldades em cada uma delas;
- Qual considera ser a influência da atividade de cada etapa para a concretagem;
- Qual considera ser a influência da atividade e dos problemas e dificuldades de cada etapa na produtividade e perdas de concreto das concretagens;
- O que faria de diferente em cada uma delas.

3) Perguntas específicas (aplicável a entrevistas com engenheiros, líderes, coordenadores, gerentes e diretores), para aprofundar entendimento sobre relacionamento entre as empresas e sobre a visão de ambas quanto a produtividade, inovações e melhorias, operação e contratos.

4) Questões abertas sobre o tema:

- Descrever um dia tranquilo de trabalho;
- Descrever um dia estressante de trabalho;
- Na sua opinião, como seria a concretagem ideal?;
- Na sua opinião, como seria o fornecedor ideal (para construtora) / construtora ideal (para fornecedor)?;
- Qual foi o maior desafio que já enfrentou na função ideal?;
- Se pudesse mudar a empresa, o que mudaria?;

Tabela A6 – Relação de perguntas específicas feitas nas entrevistas com a construtora

[illegible]

b) Preparação para entrevistas

A data, local e horário das entrevistas foram combinados com antecedência com o entrevistado. Algumas entrevistas foram feitas pelo telefone, mas foi dada preferência pela presencial por ser mais dinâmica e permitir maior interação.

Não há sequenciamento de realização das entrevistas, as mesmas foram realizadas conforme disponibilidade do pesquisador e dos entrevistados.

No momento do agendamento, foi reforçado com o entrevistado o tema da pesquisa, o porquê de seu envolvimento, o aceite da condução do trabalho pela alta hierarquia da empresa, as pessoas que já tenham realizado entrevista, o porquê de seu envolvimento e como a entrevista ajudará no desenvolvimento do trabalho. Informar também uma prévia do conteúdo e a previsão de duração. O tempo limite de duração das entrevistas estabelecido foi de 1h30, definido com base em simulação feita pelo próprio pesquisador.

Em cada entrevista o pesquisador dispunha de:

- Modelo de questionário compatível com a função do entrevistado para controle das perguntas realizadas;
- Cronômetro para controle do tempo de duração da entrevista. Caso o tempo esteja acabando antes do término das questões, o pesquisador deverá priorizar as mais importantes e deixar para discutir pontos em aberto ou dúvidas com o entrevistado em outra oportunidade;
- Celular com gravador para posterior transcrição e transformação das falas em informações para o estudo.

c) Registro das entrevistas

A forma adota de registro das entrevistas foi por gravação pelos seguintes motivos:

- Permitir maior interação e fluidez da conversa entre o entrevistador com o entrevistado possibilitando um entendimento maior das respostas no momento em que são dadas pois o entrevistador não precisa se ocupar em registrá-las manualmente;

- A entrevista ser do tipo semiestrutura, a qual já prevê a possibilidade de o entrevistador realizar perguntas não previstas inicialmente no questionário. As perguntas feitas não previstas nos questionários foram no sentido de esclarecer as respostas e aprofundar os assuntos abordados;
- Permitir que o entrevistador avalie cada uma das respostas com tranquilidade posteriormente e consiga ser mais fiel ao que foi dito pelos entrevistados.

Como dito anteriormente, os pontos que não ficaram tão esclarecidos nas entrevistas e dúvidas do próprio pesquisador sobre o entendimento das respostas foram sanadas posteriormente com os entrevistados em momento oportuno por telefone para que não houve falhas de entendimento.

Os dados coletados de cada entrevista foram divididos em cada uma das etapas do processo de fornecimento de concreto mapeado, as quais foram complementadas pelos dados das observações e da pesquisa documental. Os dados relativos à visão das empresas sobre relacionamento, eficiência e contratos foram compilados junto com os dados de caracterização das empresas da pesquisa documental.

2.2. Observações

a) Plano de observação

FORNECEDOR – Observação do funcionamento das centrais de concreto:

- Alinhado com: Líder da central;
- Duração: 2h;
- Data: sem preferência;
- Horário: preferencialmente de manhã por ser mais cheio;
- Número de centrais: 2;
- Observações:
 - Fluxo dos caminhões betoneira dentro da central;
 - Fluxo dos materiais componentes e do próprio concreto dentro da central;
 - Ciclo de carregamento dos caminhões (questionar ao Líder da central ou operador da balança);

- Instalações existentes e sua finalidade (questionar ao Líder da central).

FORNECEDOR – Observação das atividades do operador da balança e do líder da central

- Alinhado com: Líder da central;
- Duração: 4h;
- Data: ao menos uma de sexta-feira, por dizerem que é o “pior dia”;
- Horário: a partir das 7h para acompanhar o início do fornecimento às obras
- Número de centrais: 2;
- Observações:
 - Ciclo de carregamento dos caminhões;
 - Gerenciamento e controle sob a pesagem dos concretos;
 - Gerenciamento e controle sob o envio dos caminhões às obras;
 - Relação e contato com as obras atendidas;
 - Relação e contato com as outras áreas do fornecedor;
 - Problemas e dificuldades que eventualmente surjam.

CONSTRUTORA – Observação de concretagem acompanhando um estagiário

- Alinhado com: Engenharia da obra e estagiário(a);
- Duração: 4h;
- Data: dia de concretagem de laje e vigas;
- Horário: 30 minutos antes do horário previsto para início da concretagem;
- Número de concretagens: 2;
- Observações:
 - Fluxo do concreto dentro da obra;
 - Preparativos para a concretagem;
 - Preparativos da bomba;
 - Relação e contato com o fornecedor;
 - Relação e contato com outras pessoas da obra;
 - Problemas e dificuldades que eventualmente surjam.

CONSTRUTORA – Observação do controle de volume de concreto fornecido em obra

- Alinhado com: Engenharia da obra;
- Duração: 6h;
- Data: dia de concretagem, sem preferência;
- Horário: 30 minutos antes do horário previsto para início da concretagem;
- Número de concretagens: 2;
- Observações:
 - Procedimentos de amostragem, moldagem e medição da massa específica adotados pelo laboratório e pelo fornecedor;
 - Resultados de volume obtidos.

b) Preparativos para as observações

Assim como para as entrevistas, a data e horário de início e término das observações foram alinhados com antecedência com os envolvidos. Contudo, para tentar reduzir a influência da observação sobre a forma de atuação dos observados, não foi passada uma prévia do que seria observado e registrado.

Alguns questionamentos do pesquisador que surgiram da compilação das entrevistas foram levados às observações para esclarecimento através da observação independente ou perguntando aos observados. Também fizeram parte dos preparativos para as observações a definição dos objetivos e finalidades apresentados no item anterior.

c) Registro das observações

O registro dos dados coletados nas observações e respostas a eventuais perguntas feitas pelo observador foram feitas manualmente com uso de pranchetas, papel e caneta. Esses registros foram escaneados, transcritos e utilizados para complementar as informações das entrevistas.

2.3. Pesquisa Documental

Para a pesquisa documental não houve etapa de preparação. As fontes utilizadas para se obter os documentos apresentados estão indicadas nas tabelas a seguir.

Tabela A8 – Fonte dos documentos do fornecedor

Documentos	Fonte
Contrato de prestação de serviço de concretagem	Obtido com área comercial do fornecedor

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela A9 – Fonte dos documentos da construtora

Documentos	Fonte
E-mails de programação das concretagens trocados entre construtora e fornecedor	Arquivo de e-mails da construtora
Tempos de concretagem monitorados pela construtora	Obtidos com a área da qualidade da construtora
Dados de pesagem do concreto por balança rodoviária	Obtidos com a equipe de obra responsável por operar a balança da construtora
Contrato de prestação de serviço de concretagem	Obtido com área de suprimentos da construtora
Projetos da construtora	Obtido com através de plataforma de gerenciamento de projetos da construtora pelo próprio pesquisador

Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE B – FLUXO DE FORNECIMENTO DE CONCRETO

1. Fornecedor: Não participa desta etapa; Construtora: Pré-cronograma e pré-orçamento;

a) Fornecedor

Não participa desta etapa.

b) Construtora

– Atividades

- Pré-orçamento com custos de concreto, realizado pela área de orçamento com base em histórico de obras anteriores:
 - Dimensões dos elementos estruturais presentes nos estudos preliminares de fundação e de estrutura ou estimativas passadas pelos projetistas, já considerando a incidência de perdas;
 - Especificações do concreto presente nesses estudos e definições de slump;
 - Custos de cada traço identificado com base em contratos anteriores, considerando-se também a incidência de uma taxa de bombeamento para algumas áreas do empreendimento;
- Pré-cronograma das concretagens definido a partir de:
 - Sequenciamento da execução apenas dos serviços dos pavimentos tipo do empreendimento, por fazerem parte do caminho crítico da obra. Considera-se a princípio o prazo de 1 semana para execução de cada pavimento de estrutura. Para checar se o prazo é factível, os quantitativos de serviço feitos no pré-orçamento são cruzados com índices históricos de produtividade de mão-de-obra para avaliar se o número de funcionários na equipe está dentro do usual. Se estiver, mantem-se o prazo de uma semana. Se não, discute-se com o diretor de obra o que fazer. A representação da execução da estrutura utilizada

no cronograma não divide as atividades de cada pavimento nas subtarefas de montagem das fôrmas, da armação e concretagem. Há apenas a indicação de em qual semana determinado pavimento deverá ser executado. Com base nessa informação, cabe ao engenheiro, na fase de obra, organizar as atividades de montagem de fôrma, armação e concretagem do ciclo da estrutura dentro da semana, para que ao final dela a estrutura esteja pronta.

– **Pessoas envolvidas**

- Área de orçamento: elabora o pré-orçamento e o pré-cronograma;
- Diretor de obra: aprova o pré-orçamento e o pré-cronograma.

– **Interação com fornecedor**

Não ocorre.

– **Interação outros agentes**

Projetista estrutural e de fundação: enviam estimativas de volume e previsão de características de traços de elementos que ainda não estejam nos estudos preliminares.

2. Fornecedor: Não participa desta etapa; Construtora: Cronograma e orçamento

a) Fornecedor

Não participa desta etapa.

b) Construtora

– **Atividade**

Orçamento executivo dos custos de concreto realizado pela área de orçamento, com auxílio do engenheiro de obra, com base em:

- Atualizações dos volumes e características do concreto levantados no pré-orçamento presentes nos projetos executivos de fundação e de estrutura, considerando-se índices de perdas usualmente praticados pelas obras em função do tipo de concretagem (ex.: em concretagens de ERCA no pavimento tipo adotam 5%);
- Atualização do slump necessário para cada região, estimado pelo engenheiro da obra, a partir de tabela padrão do fornecedor que relaciona comprimento horizontal e vertical da tubulação com slump necessário;
- Custo dos traços identificados retirados de contrato anteriores recentes ou nova consulta aos fornecedores.

Os custos de concreto são inseridos em uma plataforma digital de gerenciamento de verbas, na qual vão sendo debitados os valores referentes a cada traço à medida em que a obra é executada.

O cronograma executivo das concretagens é atualizado com:

- Datas e prazos de execução da estrutura de setores da periferia e dos pavimentos atípicos;
- Datas e prazos de execução dos pavimentos atípicos e curva de aprendizagem para execução dos pavimentos tipo até se atingir o prazo de 1 pavimento por semana.

As datas de execução da estrutura, junto com o restante do cronograma, são inseridas em uma plataforma digital de gerenciamento de cronograma, a qual vai sendo atualizada com as datas reais de realização do serviço ao longo da obra para monitoramento. Assim como para os pavimentos tipo, cabe ao engenheiro da obra definir em que momento ocorrerão as subtarefas de montagem de fôrma, armação e concretagem dentro dos prazos de execução de cada pavimento.

– **Pessoas envolvidas**

- Área de orçamento: elabora o orçamento e cronograma executivos;
- Área de suprimentos: solicita cotação de traços com fornecedores de concreto;
- Diretor de obra: aprova o orçamento e cronograma executivos;
- Engenheiro de obra: auxilia na elaboração do orçamento.

– **Interação com fornecedor**

Quando consultado, envia base de preços à área de suprimentos para elaboração do orçamento da obra.

– **Interação com outros agentes**

Projetista estrutural e de fundação: alguns enviam um levantamento próprio do volume de concreto necessário na obra e também são consultados no caso de dúvidas de projeto.

– **Principais problemas**

- O levantamento do quantitativo é feito através de projetos plotados ou arquivos eletrônicos e demanda muito tempo da área de orçamento e de obra;
- Os fornecedores às vezes demoram em passar os custos para consideração em orçamento, obrigando a área de orçamentos a fechar os custos das concretagens com valores de obras anteriores, resultando em um valor menos preciso do que se tivessem recebido valores atualizados diretamente dos fornecedores;
- Nem sempre a área de orçamento possui o projeto executivo de estrutura elaborado para atualizar os quantitativos do orçamento executivo. Quando isso acontece, precisam estimar da forma mais precisa possível o volume de cada traço de concreto junto com projetista de estrutura;
- Quantidades levantadas erroneamente podem demandar suplementos de verba para a execução da estrutura na fase de obra pois a verba que ficará disponível ao engenheiro é a definida em orçamento.

3. Fornecedor: Não participa desta etapa; Construtora: Estudo logístico pré-obra

a) Fornecedor

– **Atividades**

Usualmente não entram nesse momento na obra. O percentual de contratos que conseguem entrar nessa fase é muito baixo. Se dispõe a ajudar a construtora sem nenhum vínculo comercial e avaliam juntos quais soluções podem oferecer ao empreendimento, como por exemplo: traços que permitem a remoção antecipada do escoramento; traços que permitem o reaproveitamento de fôrmas mais rápido; traços que possibilitam o uso de um número menor de jogo de fôrma para a execução da estrutura.

– **Pessoas envolvidas**

- Área comercial: intermedia o contato com a construtora;
- Área de tecnologia: avalia as possibilidades tecnológicas.

– **Interação com a construtora**

Quando o contato acontece, realizam uma reunião para entendimento do projeto e análise de possibilidades relacionadas a traços e logísticas de fornecimento.

b) Construtora

– **Atividades**

Com base nos projetos e cronograma executivo, o engenheiro e o gerente de obra, no caso das concretagens, avaliam:

- Restrições de circulação e acesso no canteiro de obras;
- Rota de acesso e saída, e local de descarga dos caminhões betoneira;
- Em quais concretagens utilizarão concreto bombeado ou não (em função do tempo de descarga, vencimento do concreto, acesso, preço e perdas);
- Qual tipo de bomba ou equipamento de lançamento utilizarão (bomba estacionária, bomba lança, mastro, spider);
- Posicionamento da bomba de concreto em cada fase da obra;
- Caminhamento da tubulação de concreto em cada fase da obra;
- Posicionamento da área de controle tecnológico em cada fase da obra (distância percorrida pelo moldador, proteção do local).

As definições feitas com base nessa avaliação são passadas ao arquiteto de obra responsável pela elaboração do projeto de canteiro, que considera, além de questões relativas a concretagens, questões relativas a logística de materiais e pessoas de todos os serviços da obra, em suas diversas fases.

– **Pessoas envolvidas**

- Engenheiro de obra: avalia as questões logísticas da obra;
- Gerente de obra: avalia as questões logística da obra;
- Arquiteto de obra: realiza o projeto de canteiro;
- Diretor de obra: envolvido quando a obra é mais complexa.

– **Interação com o fornecedor**

Não interagem com o fornecedor pois ainda não sabem quem será contratado.

– **Interação com outros agentes**

Consultor de tecnologia do concreto: realiza estudos de concretagens com gelo no caso de existirem elementos de fundação de grande dimensão.

– **Principais problemas**

- Não ter espaço para posicionamento dos caminhões betoneira e/ou locação das bombas no canteiro de obras. Como consequência, a obra precisa desviar o fluxo de pedestres na calçada, fica sujeita a reclamações de pedestres, acidentes dos caminhões betoneira com carros, multas por excesso de caminhões na via, entre outros;
- No início da obra há mais espaço disponível para os caminhões; porém, conforme a obra avança e as estruturas vão sendo construídas, há menos espaço e os caminhões passam a disputar espaço com outros serviços e materiais.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- As definições dos acessos, da rota dos caminhões, do local de descarga, da posição do controle tecnológico e da forma de transporte influenciam no tempo dos caminhões no canteiro;
- Falta de espaço no canteiro para os caminhões betoneira e/ou a bomba pode levar a situações não previstas de reclamações de pedestres, vizinhos e dos órgãos reguladores do trânsito, podendo paralisar as concretagens.

– **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

Definição da forma de transporte, do local da bomba, da necessidade e comprimento da tubulação de concreto e do aproveitamento ou não das sobras do concreto na tubulação impactam nas perdas do concreto.

4. Fornecedor: Homologação pela construtora; Construtora: Homologação do fornecedor

a) Fornecedor

– **Atividades**

A área comercial é quem representa o fornecedor nesta etapa e intermedia o contato com as demais áreas, caso necessário. Em função da profundidade e detalhamento das informações solicitadas pelo cliente para a homologação, áreas como logística e tecnologia vão sendo acionadas pela área comercial. A partir dessa demanda, podem ser agendadas reuniões ou visitas às centrais para apresentação do processo de fornecimento de concreto, processo de controle da qualidade do concreto fornecido, condições de fornecimento ou outros processos que o cliente julgue importante para sua decisão. Ainda que não sejam envolvidas diretamente, as outras áreas do fornecedor prestam suporte à área comercial para atendimento das solicitações do cliente nesta etapa.

– **Pessoas envolvidas**

- Área comercial: realiza o contato com a construtora;
- Área de tecnologia: auxilia a área comercial com as informações solicitadas;
- Área de logística: auxilia a área comercial com as informações solicitadas;

- Área de operação: auxilia a área comercial com as informações solicitadas.

- **Interação com a construtora**

Ocorre através de reuniões e visitas, quantas a construtora julgar necessárias para a tomada de decisão.

- **Interação com outros agentes**

Eventuais consultores contratados pelas construtoras para a avaliação dos fornecedores de concreto.

b) Construtora

- **Atividades**

A construtora busca trabalhar sempre com 3 fornecedores homologados para materiais de maior representatividade no custo e qualidade de suas obras, sendo o concreto um deles.

A homologação de fornecedores de concreto é dividida em duas ações principais:

- Avaliação de novos fornecedores: feita a partir da avaliação de uma série de critérios que contempla as instalações das centrais, seus processos, controles e histórico com outras construtoras;
- Monitoramento dos fornecedores já homologados: feita a partir de avaliações mensais pelos engenheiros de obra que avaliam os fornecedores quanto ao prazo (cumprimento da programação de entrega), documentação (envio da nota fiscal no prazo / ensaios e documentos complementares), entrega (qualidade dos materiais / uso de EPIs durante a entrega), atendimento (qualidade no atendimento às solicitações da obra), suporte técnico (retorno às dúvidas / problemas com o material).

- **Pessoas envolvidas**

- Área de qualidade: realiza a avaliação de novos fornecedores e compila as avaliações de monitoramento em um relatório gerencial;

- Área de suprimentos: participa da etapa de avaliação e é envolvida caso haja fornecedores com avaliações ruins no monitoramento feito pelas obras;
- Engenheiro de obra: realiza as avaliações mensais dos fornecedores.

– **Interação com o fornecedor**

- Reuniões e visitas para a homologação de novos fornecedores;
- Troca de e-mails e reuniões para comunicar o resultado das avaliações periódicas do fornecimento;
- Problemas que dão origem às notas baixas no monitoramento são sempre comunicados, assim que acontecem, ao fornecedor para ações corretivas.

5. Fornecedor: Análise de solicitação; Construtora: Solicitação de proposta

a) Fornecedor

– **Atividades**

As solicitações podem surgir a partir de uma demanda do cliente ou através de um mapeamento proativo de futuras obras pela área comercial. As informações referentes à solicitação (características da obra, previsão de início, cronograma de desenvolvimento, volume de concreto, traços necessários, localização, entre outros) são coletadas para análise interna quanto à possibilidade de atendimento.

– **Pessoas envolvidas**

- Área comercial: coleta de solicitações para análise interna.

– **Interação com a construtora**

Contato via área comercial para coleta de informações sobre a solicitação.

– **Principais problemas**

Falta de especificação correta sobre o traço que a obra deseja. Esquecem de passar todas as características solicitadas pelos projetistas (ex.: relação água /

cimento, módulo, etc.). Quando percebem é geralmente quando estão realizando a programação, quando o concreto está chegando na obra ou quando já está lançado.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

Nas etapas seguintes à de solicitação de proposta, os traços solicitados são cadastrados aos clientes, são associados a um preço e estão disponíveis para que o cliente os solicite. Caso o cliente, próximo ao dia da concretagem, perceba que o traço cadastrado não é igual ao definido em projeto porque falta alguma especificação, o fornecedor pode não conseguir cadastrá-lo a tempo para que a data de concretagem desejada seja mantida.

b) Construtora

– **Atividades**

A área de suprimentos entra em contato com os fornecedores homologados pela construtora, encaminha a lista de documentos a seguir e solicita os preços unitários de cada traço, o valor da taxa de bombeamento e as condições comerciais que possuem:

- Quantitativos de cada traço de concreto;
- Cronograma da obra;
- Projetos de estrutura e de fundação;
- Documentos da obra e da construtora.

Após receberem a proposta de fornecimento com os preços unitários de cada fornecedor, montam um quadro de concorrência com os preços unitários e as condições de fornecimento de cada um.

– **Pessoas envolvidas**

- Área de suprimentos: envia solicitação de proposta e documentos ao fornecedor.

– **Interação com o fornecedor**

Contato com a área comercial para solicitação de proposta.

6. Fornecedor: Análise da capacidade das centrais / Construtora: Não participa desta etapa

a) Fornecedor

– Atividades

Após receber a solicitação do cliente, a área comercial precisa avaliar quais centrais são capazes de atendê-la, com base em alguns critérios:

- A distância entre a obra e as centrais disponíveis para que o tempo de transporte não seja muito longo e prejudique a operação da central;
- Cronograma de execução da estrutura das obras já atendidas;
- Volume de concreto que está sendo fornecido no momento, e a previsão do que será fornecido nos próximos 3 meses pelas centrais às obras já atendidas;
- Cronograma de execução da estrutura e previsão de consumo de concreto por mês da nova solicitação.

Essa análise é feita semanalmente em conjunto com representantes da área comercial e de logística para alinhar a demanda de concreto dos clientes em atendimento, demanda de novos clientes, a capacidade de atendimento dessas novas demandas, projeções futuras de mercado e lançamento e a necessidade de redimensionamento e remanejamento da frota de caminhões, bombas, motoristas e outros membros da equipe para o curto, médio e longo prazo.

Em função da saturação de cada central, da previsão de volume para os próximos meses, da disponibilidade de caminhões, bombas e motoristas, o preço ofertado para a construtora pode ser mais ou menos negociável e isso será considerado pelo vendedor na etapa de negociação com a construtora.

Além de avaliar a capacidade de atender à demanda de concreto, a área comercial também avalia se os traços solicitados pelo cliente já foram desenvolvidos ou se será necessário desenvolver um traço novo. Caso o traço solicitado não esteja na relação de traços disponíveis, a área de tecnologia é acionada para avaliar a demanda e desenvolvê-lo.

– **Pessoas envolvidas**

- Área comercial: traz as informações da solicitação para avaliação;
- Área de operação: avalia a capacidade de atendimento das centrais;
- Área de logística: avalia a capacidade de atendimento das centrais;
- Área de tecnologia: avalia se os traços solicitados já estão desenvolvidos e os desenvolve, se necessário.

– **Interação com a construtora**

Construtoras passam mensalmente a previsão de concreto para o mês seguinte e atualizam previsão para os próximos três meses.

– **Principais problemas**

- Muitos clientes não são precisos na previsão de consumo de concreto para os próximos 3 meses ou não entendem a importância dessa informação para a qualidade do fornecimento, ou ainda, os vendedores que atendem as obras, em vez de questionarem os engenheiros sobre a previsão de concreto, estimam o volume que será consumido sem consultá-los;
- Vendedores que fecham o fornecimento de concreto em quantidades superiores ou inferiores às previstas nas reuniões semanais de alinhamento.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- A previsão do consumo de concreto, além de influenciar a tomada de decisão do fornecedor quanto a necessidade de comprar um caminhão betoneira ou uma bomba a mais, por exemplo, determina o número de motoristas disponíveis na central pois o sucesso do negócio de fornecimento de concreto depende da otimização dos recursos por parte do fornecedor. Se são provisionados mais motoristas do que o necessário por conta de um erro para mais na previsão de concreto passada pelos clientes, a eficiência do fornecedor será prejudicada. Por outro lado, se são provisionados menos motoristas do que o necessário por conta de um erro para menos, a capacidade de atendimento

do fornecedor será prejudicada, podendo refletir na qualidade do serviço para as obras;

- As centrais podem ficar ociosas caso o volume de concreto efetivamente fechado pelos vendedores seja inferior ao previsto e passado nas reuniões de alinhamento, ou pode ter sua capacidade de atendimento às obras prejudicado caso o volume de concreto efetivamente fechado seja maior.

b) Construtora

– Atividades

A obra que iniciará um novo fornecimento não participa desta etapa. Apenas as obras que já estão com fornecimento de concreto em andamento. Essas, passam uma previsão de volume de concreto necessário para o mês seguinte e uma estimativa para os próximos três meses.

– Pessoas envolvidas

- Engenheiro da obra: envia as previsões ao fornecedor.

– Interação com o fornecedor

Fornecedor entra em contato com o engenheiro da obra e solicita as informações necessárias.

7. Fornecedor: Análise dos traços solicitados / Construtora: Não participa desta etapa

a) Fornecedor

– Atividades

Se os traços solicitados já fizerem parte da relação disponível do fornecedor, não há nenhuma ação. Caso o traço solicitado não esteja na relação de traços disponíveis, inicia-se a etapa de estudo de dosagem, que pode ocorrer de duas formas:

- Caso as características solicitadas sejam semelhantes às de traços disponíveis, o desenvolvimento é feito pela própria equipe de tecnologia do fornecedor, utilizando a área de laboratório para preparar e testar o traço conforme normas aplicáveis;
- Se não for o caso, o fornecedor pede à construtora que seja envolvido um consultor técnico terceiro para conduzir o desenvolvimento do traço, podendo utilizar toda a infraestrutura e materiais do fornecedor para testes, mas que deve se responsabilizar pelas características do traço.

– **Pessoas envolvidas**

- Área de tecnologia: desenvolvimento ou suporte para desenvolvimento do traço;
- Área comercial: aciona a área de tecnologia no caso de solicitação de traços ainda não desenvolvidos.

– **Interação com a construtora**

Informa a necessidade de envolvimento de um consultor de tecnologia do concreto para desenvolvimento do traço solicitado.

b) Construtora

– **Atividades**

Indica o envolvimento do consultor de tecnologia do concreto desejado para o desenvolvimento do traço especial, se for o caso.

– **Pessoas envolvidas**

- Área da qualidade: intermedia o contato com o consultor de concreto e acompanha o desenvolvimento do traço.

– **Interação com o fornecedor**

Indicação do consultor para a área comercial e de tecnologia do fornecedor.

– **Interação com outros agentes**

Consultores de tecnologia de concreto para atualizações sobre os traços em desenvolvimento.

8. Fornecedor: Caracterização e controle dos materiais; Construtora: Não participa desta etapa

a) Fornecedor

– **Atividades**

Em paralelo à avaliação dos traços solicitados e desenvolvimento de novos, há um trabalho constante por parte da área de tecnologia de caracterização e controle das características dos componentes do concreto: cimento, areias, britas e aditivos; conforme normas aplicáveis. Essas análises são feitas em três momentos:

- Quando estão homologando um novo fornecedor de material: avaliação extensa de todas as características dos materiais para compreensão de sua influência no desempenho do concreto;
- Quando recebem cargas de materiais de fornecedores homologados: realizam controle visual dos agregados (comparação da carga com uma amostra de referência) e de densidade dos aditivos (medem uma amostra e avaliam se está dentro dos limites especificados pelo fornecedor);
- Ensaios periódicos realizados com agregados, cimento e aditivo. Verificam os limites de variação das características dos materiais e geram alertas caso as centrais recebam materiais fora de especificação. Utilizam uma faixa de controle dos materiais mais restritiva que os valores normativos para terem um maior controle sobre variações no concreto e menor desvio padrão da resistência do concreto fornecido:
 - Cimento: avaliam os laudos semanais enviados pelo fornecedor de cimento e separam uma amostra de cada lote para avaliação em casos de não conformidade do concreto;
 - Agregados: coletam três vezes por semana amostras de cada um dos agregados utilizados nas centrais para avaliação da granulometria,

quantidade de material pulverulento e teor de material orgânico, e ainda avaliam mensalmente a massa específica de cada agregado;

- Aditivos: são avaliados indiretamente através de ensaios que avaliam a influência dos aditivos no desempenho do concreto, além de serem separadas amostras de cada lote para avaliação em casos de não conformidade do concreto.

A ação conjunta dessas três formas de controle permite que o fornecedor tenha rastreabilidade sobre o concreto fornecido e consiga identificar causas de desvios, caso eles ocorram.

– **Pessoas envolvidas**

- Área de tecnologia: gerencia e realiza os controles dos materiais.

– **Principais problemas**

Existem desvios de características dos materiais que afetam o desempenho do concreto, mas que não são identificáveis no controle de recebimento e seriam inviáveis de serem controlados para todas as cargas recebidas.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

Alguns desvios podem afetar a consistência do concreto e causar sua devolução, atrasando a concretagem da obra e prejudicando a produtividade da central.

– **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

Alguns desvios podem afetar a consistência do concreto e causar sua devolução, gerando perdas de concreto para a central.

b) Construtora

Não participa desta etapa.

9. Fornecedor: Estudo de dosagem; Construtora: Não participa desta etapa

a) Fornecedor

– Atividades

O estudo de dosagem, além de avaliar a composição do concreto para que ele atenda às especificações solicitadas pelo cliente, também serve de referência da forma de preparação do traço, necessidade de dosagens em obra, limitações de uso e outros cuidados para que a área comercial elabore o preço do traço que será passado na proposta.

Esse estudo é específico por central pois a origem dos materiais, os equipamentos, a forma de controle e consequentemente o desvio padrão variam entre as centrais e, portanto, a concentração de materiais precisa ser ajustada para que o desempenho atingido do concreto seja o mesmo.

Entre as avaliações que fazem, estão a definição do teor de cimento, teor de aditivo, determinação da massa específica e a verificação se o traço formulado com a quantidade em kg/m³ de cada componente, ao misturado, realmente resulta em um metro cúbico de concreto.

O estudo é realizado em quatro ocasiões:

- Desenvolvimento de traços que, apesar de não terem características especiais que o fornecedor seria capaz de desenvolver, ainda não haviam sido desenvolvidos com os materiais e forma de produção de determinada central;
- Desenvolvimento de traços com características especiais solicitadas pelas construtoras em conjunto com consultor de tecnologia do concreto contratado pela construtora;
- Quando há a alteração de algum material utilizado em uma das centrais (ex.: origem do material ou suas características) precisam reavaliar o traço e sua composição para checarem se o desempenho do concreto se mantém ou se precisam fazer algum ajuste;
- Reavaliações de todos os traços de todas centrais, no mínimo a cada dois meses.

– Pessoas envolvidas

- Área de tecnologia: gerencia e realiza os estudos de dosagem.

- **Interação com a construtora**

A construtora pode acompanhar os testes e desenvolvimento dos novos traços no laboratório do fornecedor.

- **Interação com outros agentes**

Consultores de tecnologia do concreto indicados pela construtora para desenvolvimento de traços especiais têm à disposição a infraestrutura, a equipe e materiais da área de tecnologia do fornecedor para o desenvolvimento dos traços.

- **Principais problemas**

Ter equipe para conseguir realizar o estudo de todos os traços de todas as centrais. Possuem uma grande quantidade de traços especiais (75% da demanda) e chegam a ter em apenas uma central cerca de mil traços para gerenciar.

- **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

- Nos estudos de dosagem, utilizam materiais todos secos (condição “saturada superfície seca” – os grãos estão saturados por dentro e secos por fora, dessa forma não absorvem água do traço estudado e não possuem nenhuma água em sua superfície) e a água informada no traço é definida considerando que todos os materiais não têm umidade. Como na prática eles têm, procuram medir a umidade real dos agregados na central para correção da quantidade de água que deve ser adicionada no concreto. Imprecisão nessas medições levam a desvios na quantidade de água adicionada no traço e consequentemente no volume de concreto. Essa correção é feita para os agregados miúdos (areias) e não é feita para os agregados graúdos (britas), pois devido à maior dimensão dos agregados graúdos e menor área superficial, a sua umidade é considerada baixa e não é descontada da água que será adicionada no traço.
- Nas avaliações periódicas bimensais verificam se a proporção de materiais em kg/m^3 do traço ainda está produzindo um metro cúbico de concreto e fazem ajustes, se necessário.

b) Construtora

– Atividades

No caso de novos traços, a construtora pode solicitar o acompanhamento do desenvolvimento do novo traço pela área da qualidade para ajudar na avaliação do atendimento das características necessárias e para contribuir com a visão das necessidades da obra.

– Pessoas envolvidas

- Área da qualidade: acompanha o desenvolvimento dos novos traços.

– Interação com o fornecedor

Interação com área comercial e de tecnologia para atualizações sobre os traços em desenvolvimento e combinar as idas ao laboratório do fornecedor.

– Interação com outros agentes

Consultores de tecnologia de concreto para desenvolvimento do traço: elaboram ou recebem as demandas de traço de projeto e o desenvolvem em conjunto com o fornecedor.

10. Fornecedor: Ajuste e comprovação dos traços; Construtora: Não participa desta etapa

a) Fornecedor

– Atividades

Existem dois tipos de comprovação:

- Realizada pelo fornecedor após o desenvolvimento de um novo traço: avaliam o comportamento dos traços desenvolvidos em laboratório ao serem produzidos nas centrais e misturados nos caminhões betoneira e enviam técnicos da área de tecnologia para acompanharem os motoristas nas primeiras entregas desses traços para aprovar a mistura, a trabalhabilidade do

concreto, realizar alguma correção com água ou aditivo, se necessário, e dar o retorno à área de tecnologia sobre necessidades de alteração;

- Solicitada pela construtora antes do início do fornecimento: os ensaios que deverão ser realizados ficam a critério da construtora, que pode acompanhá-los e envolver um consultor de tecnologia do concreto, caso ache necessário.

– **Pessoas envolvidas**

- Área comercial: intermedia o contato entre a área de tecnologia e o cliente para os casos de comprovação dos traços solicitado pela construtora;
- Área de tecnologia: acompanham com mais atenção o desempenho de novos traços e disponibilizam técnicos para acompanhamento dos caminhões, além de realizar ensaios solicitados pela construtora.

– **Interação com a construtora**

Comprovação das características do concreto pelos ensaios solicitados pela construtora, caso ela deseje realizar a comprovação.

– **Interação com outros agentes**

Consultor de tecnologia do concreto: determina os ensaios a serem realizados e acompanha a realização dos mesmos, caso a construtora solicite seu envolvimento.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

Procuram definir traços que saiam da central com slump bem próximo do solicitado, mas em função de condições climáticas, o operador da balança retém parte da água do traço para correção na obra. Correções de slump em obra acabam aumentando o tempo do caminhão no canteiro devido à necessidade de mistura de água ou aditivo no concreto e nova medição do slump.

b) Construtora

– **Atividades**

Não tem como prática solicitar a comprovação das características dos traços pelo fornecedor.

11. Fornecedor: Cadastro e elaboração da proposta; Construtora: Não participa desta etapa

a) Fornecedor

– Atividades

Os valores base das propostas são definidos a partir de:

- Composição dos traços e preços dos materiais informados pela área de tecnologia a partir do estudo de dosagem;
- Informações sobre a obra obtidas na solicitação de proposta.

As margens de negociação dos valores base são definidos a partir de:

- Capacidade de atendimento pelas centrais e necessidade de novos fornecimentos avaliados na etapa de análise da capacidade de atendimento;
- Existência de relação de parceria com a construtora, histórico de pontualidade no pagamento do concreto, precisão nas programações e eficiência nas concretagens avaliados a partir da experiência da área comercial e de indicadores internos da área de logística.

Para a realização do cadastro, o fornecedor informa a relação de documentos que devem ser enviados relativos à construtora e à obra e ressalta a importância de serem cadastrados todos os traços de concreto que podem vir a ser utilizados durante a obra. Quando não há nenhuma pendência de documentação ou informação, em uma ou duas horas o cadastro da construtora já está finalizado.

Nessa etapa o fornecedor avalia a situação fiscal e financeira da construtora, pois dependendo da situação, o fornecedor pode optar por restringir o volume de concreto que poderá ser mensalmente fornecido ao cliente (“crédito”) devido ao risco de não pagamento do concreto pela construtora, que é feito sempre após o fornecimento.

O fornecimento ainda depende da assinatura do contrato pela construtora e sua inserção no sistema de gestão do fornecedor.

– **Pessoas envolvidas**

- Área comercial: alinhamento quanto ao preço que será ofertado, cadastro da obra e definição do limite de crédito para fornecimento de concreto à obra.

– **Interação com a construtora**

Solicitam à área que fez a solicitação da proposta (suprimentos ou a própria obra) as informações necessárias para o cadastro.

– **Principais problemas**

- Problemas com a documentação entregue pela construtora;
- Construtoras que não querem informar os dados solicitados para análise do crédito que será disponibilizado;
- Crédito para fornecimento mensal de concreto inferior ao necessário para atendimento do volume mensal solicitado pela obra.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- Se o cadastro é feito com antecedência em relação ao início do fornecimento, problemas como incompatibilidade na documentação e crédito insuficiente podem ser resolvidos a tempo, antes de impactarem nas datas previstas para o início das concretagens. Do contrário, podem inviabilizar uma concretagem agendada pela obra;
- Condições especiais ofertadas a construtoras parceiras e com bom histórico de concretagem tendem a melhorar a operação das centrais na medida em que conseguem fechar mais contratos com essas empresas.

b) Construtora

– **Atividades**

Área de suprimentos envia as informações na etapa de solicitação da proposta. Caso necessitem de mais informações ou haja algum questionamento, a diretoria de obra pode ser envolvida.

- **Pessoas envolvidas**

- Área de suprimentos: envia as novas informações solicitadas pelo fornecedor;
- Diretor de obra: aprova o envio de determinadas informações.

- **Interação com o fornecedor**

Envio de informações para cadastro.

12. Fornecedor: Negociação; Construtora: Negociação e seleção

a) Fornecedor

- **Atividades**

Área comercial aprova condições comerciais internamente e negocia e alinha condições de fornecimento com a construtora.

- **Pessoas envolvidas**

- Área comercial: aprova internamente as condições comerciais negociadas.

- **Interação com a construtora**

Negociação com a área de suprimentos e gerência de obra.

b) Construtora

- **Atividades**

A seleção do fornecedor é feita com base em três critérios principais:

- Histórico de qualidade dos fornecedores: avaliações mensais dos engenheiros, casos de não conformidades no concreto de obras anteriores e reunião com o engenheiro da futura obra para detalhar sua experiência com os fornecedores (aspectos positivos, negativos, quais problemas tiveram, com qual preferiria trabalhar novamente);

- Condições de fornecimento: avaliadas pela área de suprimentos e gerência de obra em reunião com os fornecedores, levam em conta forma de pagamento, programação, relacionamento com a obra, aspectos logísticos e tratativas nos casos de não conformidades ou problemas;
- Preço: a área de suprimentos busca contratar um preço inferior ao considerado no orçamento executivo.

A qualidade e as condições de fornecimento pesam mais que o preço ofertado pelos fornecedores na tomada de decisão. O contrato e os preços finais por traço negociados são inseridos na plataforma de gestão de verbas da construtora para serem utilizadas pela obra e controladas pela área de orçamento.

– **Pessoas envolvidas**

- Área de suprimentos: participa da seleção, compõe os quadros de concorrência e negocia valores com o fornecedor;
- Engenheiro de obra: participa da seleção;
- Gerência de obra: participa da seleção;
- Diretoria de obra: participa e aprova a seleção.

– **Interação com o fornecedor**

Reuniões e ligações telefônicas para alinhamento das condições de fornecimento e negociação das propostas.

– **Principais problemas**

Condições de fornecimento acordadas com a área comercial durante a seleção do fornecedor não são mantidas durante as concretagens por falta de alinhamento interno do fornecedor com as demais áreas envolvidas.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- A impossibilidade de atender aos critérios de fornecimento considerados na fase de seleção pela obra pode causar uma menor produtividade das concretagens em relação à prevista na fase de seleção;

- A escolha de fornecedores com histórico de atraso ou condições de fornecimento não ideais pode afetar a produtividade das concretagens.

– **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

A escolha de fornecedores com histórico de problemas no volume entregue de concreto pode levar a obra a adotar medidas preventivas como a pesagem aleatória de caminhões em balança rodoviárias, a contratação de determinação de volume entregue de concreto por laboratórios terceiros ou a queixas durante a obra caso esse problema ocorra novamente.

13. Fornecedor: Contratação; Construtora: Contratação

a) Fornecedor

– **Atividades**

O fornecedor possui um modelo padrão de contrato com as cláusulas que regem o fornecimento de concreto. A área comercial encaminha esse contrato à construtora, repassa o entendimento de cada item em reunião e os formaliza em ata para o caso de questionamentos futuros. Após a formalização do aceite, a via do contrato assinada por ambas as partes é anexada ao contrato da construtora no sistema do fornecedor.

– **Pessoas envolvidas**

- Área comercial: envia o modelo de contrato à construtora e faz reunião de alinhamento.

– **Interação com a construtora**

Reunião para alinhamento das questões contratuais e formalização dos assuntos discutidos em ata.

– **Principais problemas**

Construtoras que se queixam de não terem sido informadas sobre questões contratuais após o início do fornecimento. Em geral, esse tipo de queixa se deve a desatenção na leitura das cláusulas do contrato.

- **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

O contrato elenca obrigações da construtora e do fornecedor que se não executadas corretamente podem impactar negativamente na produtividade das concretagens.

- **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

O contrato prevê as sanções aos responsáveis nos casos de devolução, sobra ou vencimento do concreto visando reduzir as perdas para a central e consequentes impactos negativos para a construtora.

b) Construtora

- **Atividades**

A área de suprimentos recebe o modelo de contrato do fornecedor e discute internamente as cláusulas. Em seguida, convocam uma reunião com o fornecedor para esclarecimento e alinhamento das mesmas e, então, coletam as assinaturas necessárias e as enviam ao fornecedor.

Paralelamente, a área de orçamento avalia se a contratação foi fechada dentro do valor previsto em orçamento e se as quantidades de concreto de cada traço estão de acordo com o valor do orçamento executivo. Caso tenha sido feito com economia, retiram parte da economia do saldo disponível para compra de concreto, procurando deixar o saldo próximo do valor contratado, com alguma folga para eventuais necessidades. Em seguida, incluem os custos e quantidades de concreto por traço na plataforma digital de gerenciamento de verbas, junto com um anexo do contrato assinado para que a obra e a área de orçamento gerenciem os gastos.

Na plataforma, cada traço passa a ter a indicação de seu custo unitário, o volume contratado e o valor total disponível para sua compra.

- **Pessoas envolvidas**

- Área de suprimentos: recebe o contrato, discute com as áreas envolvidas, realiza reunião com fornecedor, colhe as assinaturas no contrato e as envia ao fornecedor;
- Área de orçamento: compara o valor fechado em contrato com o previsto em orçamento e disponibiliza as verbas de compra do material na plataforma de gerenciamento de verbas;
- Gerência de obra: participa da discussão do contrato e da reunião com o fornecedor;
- Diretor de obra: participa da discussão do contrato, da reunião com o fornecedor e assina o contrato.

– **Interação com o fornecedor**

Recebem a minuta padrão e fazem reunião para alinhamento das condições antes de assinarem o contrato.

– **Principais problemas**

- A construtora também possui um modelo padrão de contratos de fornecimento de concreto, mas que não é aceito pelo fornecedor. Os fornecedores são abertos a discutir algumas cláusulas, mas não aceitam o uso de outro modelo de contrato;
- O fornecedor não aceita que as questões relacionadas ao fornecimento discutidas na reunião na etapa de seleção dos fornecedores sejam inseridas no contrato;
- Os slumps necessários até o momento foram definidos pela construtora, sem participação do fornecedor. Caso, após o início do fornecimento, o fornecedor recomendar o aumento do slump de um traço para evitar problemas com bombeamento, o valor previsto em contrato poderá ser superado e será necessário fazer uma adição à verba prevista.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

O fato das questões relacionadas ao fornecimento não estarem presentes no contrato reduz a probabilidade de elas serem atendidas pelas partes, podendo

prejudicar o desempenho do fornecimento e conseqüentemente a produtividade das concretagens.

14. Fornecedor: Reunião de início de obra; Construtora: Estudo logístico de obra

a) Fornecedor

– Atividades

Fazem uma reunião antes do início da obra, geralmente com 15 a 30 dias de antecedência que é denominada “reunião de início de obra” da qual participam o vendedor da área comercial, o fiscal de bomba da área de serviço de bombeamento, às vezes alguém da área de logística e o líder da central, além da equipe de obra.

Questões que são alinhadas:

- Locais de zona máxima de restrição;
- Locais de rodízio;
- Restrições do horário de funcionamento das filiais, definidos pelo órgão ambiental regional;
- Local de posicionamento da bomba;
- Necessidade de liberação da CET para parar caminhões betoneira na rua;
- Como será feita a lavagem da bomba e o que fazer com as sobras de concreto;
- Percurso da tubulação de concreto;
- Percurso dos caminhões betoneira dentro da obra até o ponto da bomba;
- Slump necessário para cada região da obra que será concretada – definido com base em tabela padronizada de slumps por comprimento de tubulação vertical e horizontal que é disponibilizada pela área comercial;
- Regras de programação;
- Processo de faturamento;
- Previsão do volume de concreto que será necessário por mês ao longo da obra (histograma de concreto);
- Limite de crédito necessário para atender a esse volume de programação.

Dependendo da demanda da construtora e das questões que precisam ser alinhadas, podem fazer mais de uma reunião.

A área de tecnologia também pode ser envolvida pela área comercial nessa reunião, mas somente em concretagens grandes, com volume acima de 200 a 250m³ de concreto lançado em uma única etapa. Além dos pontos já citados, contribuem com:

- Avaliação do prazo de vencimento do concreto em função da fila de caminhões que se pode ter na obra;
- Se vai ser necessário alguma dosagem de aditivo em obra ou se o concreto sairá pronto da central;
- Se existe algo que possam fazer no traço do concreto para melhorar / agilizar sua aplicação;
- Se há alguma questão de logística que pode afetar a qualidade do concreto.

– **Pessoas envolvidas**

- Área comercial: organiza as reuniões e envolve as demais áreas;
- Área de serviço de bombeamento: participa da reunião;
- Área de logística: participa da reunião, quando possível;
- Líder da central (área de operação): participa da reunião, quando possível;
- Área de tecnologia: participa da reunião no caso de grandes concretagens.

– **Interação com a construtora**

Reunião(ões) para alinhamento de aspectos logísticos.

– **Principais problemas**

- Em São Paulo já não há espaço para parar os caminhões, não é possível ficar com 2 ou 3 caminhões na rua, além de que as obras estão com canteiros cada vez mais reduzidos. Precisam conseguir manter um fluxo contínuo de fornecimento sem acúmulo de caminhão;
- Incidência de multa por acesso em zonas de restrição e por operarem além do horário permitido na licença de operação das centrais;

- Clientes que não se atentam às condições de fornecimento passadas na reunião de início de obra, têm algum problema durante o início do fornecimento e convocam uma nova reunião para alinharem e repassar todas essas condições;
- Tabela padronizada de slumps por comprimento horizontal e vertical de tubulação utilizada na reunião não deixa claro que as definições são válidas para tubulações com até uma curva;
- Embora a reunião conte com a presença do fiscal da bomba, é difícil prever todas as situações de bombeamento que a obra terá e definir todos os slumps que serão necessários. O fiscal da bomba consegue avaliar as primeiras situações, mas precisa ser envolvido nas demais para definição conjunta com a obra.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- Obras localizadas em zonas de restrição possuem um horário limite mais restrito para recebimento de caminhões e podem receber uma atenção especial pelo fornecedor que procura evitar a incidência de multas.
- Da mesma forma, centrais com horários mais restritos de operação, tem uma urgência maior em terminar suas concretagens sem atrasos para evitar a incidência de multas.
- No caso de falta de atenção às condições de fornecimento, podem ocorrer problemas nas primeiras concretagens que afetem sua produtividade.
- Caminhões betoneira parados na rua podem ter um tempo de manobra maior, além de interferir no trânsito de pedestres e carros da região. Reclamações por parte de vizinhos ou órgãos fiscalizadores podem prejudicar o fluxo das concretagens;
- Falha na especificação do slump nessa etapa pode resultar em problemas de bombeamento com prejuízo para a produtividade e perdas da concretagem.

b) Construtora

– **Atividades**

O gerente e engenheiro da obra reavaliam as definições logísticas feitas na fase de estudo logístico pré-obra com base no projeto de canteiro elaborado, nos novos projetos disponíveis, no cronograma executivo de referência, no cronograma meta da obra (elaborado pela própria obra, só que mais restritivo), nas soluções construtivas escolhidas e convocam reuniões com os principais fornecedores de materiais e serviços para alinhamento, sendo um deles o fornecedor de concreto.

Na reunião feita junto com o fornecedor de concreto, da qual participam a área comercial e um representante da área de bombeamento do fornecedor, são avaliadas as questões indicadas na parte do fornecedor. A obra preenche uma ata com todas as discussões e definições da reunião, coleta a assinatura dos envolvidos e guarda para registro.

– **Pessoas envolvidas**

- Gerente de obra: participa da avaliação logística da obra e da reunião com o fornecedor;
- Engenheiro de obra: avalia a logística da obra e convoca reunião com o fornecedor;
- Diretoria de obra: participa da avaliação logística apenas no caso de grandes obras.

– **Interação com o fornecedor**

Reunião para apresentação da obra ao fornecedor e discussão das questões logísticas pensadas.

– **Interação com outros agentes**

Outros fornecedores de material e prestadores de serviço.

– **Principais problemas**

- Dificuldade de colocar em prática tudo o que foi pensado no estudo logístico devido ao surgimento de novos projetos, modificações no canteiro ou interferência de outros serviços, por exemplo;

- Engenheiros que não entendem a importância do envolvimento dos fornecedores no estudo logístico e nem sempre o fazem.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- Se o estudo logístico não é seguido e a obra precisa tomar decisões em cima da hora, sem tempo de discussão e avaliação por todos os envolvidos, as chances da escolha feita não ser a melhor e resultar em perdas maiores de concreto, demora no lançamento dos caminhões e interferência com outros serviços é grande;
- A concretagem é um serviço que depende do alinhamento entre fornecedor e obra. Se o fornecedor não é envolvido no estudo logístico, as definições feitas pela obra podem não ser as melhores e resultar em perdas maiores de concreto e redução de produtividade.

– **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

- Mesma avaliação que a descrita para a produtividade.

15. Fornecedor: Não participa desta etapa; Construtora: Especificações para o pedido

a) Fornecedor

– **Principais problemas**

Levantamento errado de volume pela obra.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

Se for necessário mais um caminhão ao final da concretagem, ele irá atrasar pois o fornecedor não pode prejudicar outros pedidos por conta de uma entrega não prevista pela construtora.

– **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

Se for necessário menos volume do que o solicitado, terão que descartar a sobra de concreto e ter custos com sua destinação.

b) Construtora

– Atividades

As especificações do concreto são definidas a partir de:

- Projeto estrutural e de fundação: contém fck, módulo de rigidez, relação água / cimento, dimensão máxima dos agregados, concentração de cimento, do traço que será solicitado, além do volume de concreto necessário, o qual é recalculado pelo estagiário, sem descontar o volume da armação e de embutidos, e validado pelo engenheiro a cada concretagem;
- Índices de perda da concretagem por tipo de elemento: inicialmente são iguais aos de orçamento, mas vão sendo atualizados conforme a realidade da obra pela comparação entre o volume solicitado para a concretagem e o definido em projeto. Exemplos que são reajustados: perdas de elementos de fundação após a execução do primeiro elemento, perdas de um pavimento após a execução do primeiro pavimento, perdas na tubulação à medida que a tubulação cresce;
- Reunião de início de obra: na qual foram definidos os slumps com o fornecedor, os quais podem ser atualizados ao longo da obra com base em recomendações do fiscal do serviço de bombeamento.

– Pessoas envolvidas

- Estagiários da obra: extraem as especificações do concreto e fazem o levantamento do volume;
- Engenharia da obra: validam as especificações e o volume de concreto contabilizado.

– Principais problemas

- Volume de concreto levantado pelo estagiário de forma equivocada e não conferido pelo engenheiro;

- Para ter economia, a obra prefere especificar o menor slump possível da faixa indicada na relação de comprimento horizontal e vertical por slump, elaborado pelo fornecedor, aumentando o risco de problema. Se o fiscal da bomba não se manifestar quanto à necessidade de alteração, seguem com o slump mínimo e trocam apenas se der problema.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- Se o volume levantado foi para menos, a obra talvez tenha que pedir mais caminhões do que a quantidade prevista na programação e que, por ter sido informado no dia, demorará mais a ser entregue porque o fornecedor já está com sua frota comprometida com outras obras;
- Os impactos de problemas com slump são descritos na etapa de descarregamento e bombeamento.

– **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

Quanto maior o comprimento da tubulação, maior será a perda de concreto caso o concreto na tubulação não seja aproveitado.

16. Fornecedor: Compatibilização das programações; Construtora: Programação da concretagem

a) Fornecedor

– **Atividades**

A agenda de programação é aberta com 3 dias de antecedência em relação ao dia da concretagem (“D” = dia da concretagem e “D-3” = três dias antes da concretagem). Programações feitas com menos antecedência dependem da disponibilidade da central. Programações feitas com mais antecedência só são aceitas ou exigidas em determinadas situações, a saber:

- Antecedência de até 30 dias:
 - Concretagem de fundação e parede diafragma;
 - Concretagem de pisos industriais;

- Antecedência de 7 dias:
 - Concretagem que utilizem traços especiais (ex.: com sílica, gelo ou fibras);
 - Concretagem que demandem o uso de bomba lança com alcance maior que 32m ou de bomba estacionária com tubulação maior que 60m.

Para a programação, a obra deve passar as seguintes informações, alinhadas na reunião de início de obra:

- Número do cliente: obtido no momento do cadastro;
- Código dos traços: obtido no momento do cadastro;
- Número do cadastro;
- Horário de início;
- Volume desejado total e por caminhão;
- Status da programação de cada caminhão:
 - “Liberado”: será enviado no horário programado sem aviso prévio. Obrigatoriamente, todos os caminhões programados até às 10h devem estar liberados, por ser um horário muito concorrido;
 - “A liberar”: só será enviado mediante confirmação da obra, a qual deve ocorrer com antecedência mínima de 90 minutos em relação ao horário desejado;
- Tempo de intervalo entre caminhões;
- Peça a ser concretada;
- Necessidade de bomba-lança ou estacionária;
- Condições de acesso à obra.

O setor de programação e despacho, pertencente à área de logística, é quem recebe as solicitações de programação dos clientes, sendo a maior parte por e-mail. Independentemente da forma, todas as interações necessárias para programação ficam registradas em gravações telefônicas ou nas mensagens de e-mail para consultas futuras, se necessário.

A partir das solicitações, de indicadores internos do tempo de ciclo dos caminhões (tempo de carregamento, de transporte do concreto até a obra, de permanência na obra e de retorno dos caminhões para a central) e do o número de caminhões betoneira disponíveis, a área de logística gera gráficos de distribuição horária de demanda de caminhão pelas obras, por central, através de um software de gestão da programação.

Neles é possível identificar o momento de maior e menor demanda, de superação da quantidade disponível de caminhões ou de capacidade de fornecimento dos pontos de carga da central, o que for mais restritivo, permitindo uma gestão visual das programações (Figura B1).

Para conseguir otimizar sua frota, equilibrar os tempos de maior e menor demanda, não ultrapassar a quantidade de caminhões disponíveis e capacidade dos pontos de carga e atender melhor as obras, o setor de programação e despacho procura redistribuir a demanda de concreto no dia renegociando com os clientes o horário de início e tempo de intervalo entre caminhões solicitados (Figura B2).

Figura B1 – Gráfico de programação não-otimizado

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura B2 – Gráfico de programação otimizado

Fonte: elaborado pelo autor.

Por existirem cancelamentos, admite-se que a soma das programações exceda a capacidade de atendimento da central, com o número de caminhões betoneira definido nas reuniões de análise da capacidade de atendimento, em um percentual no máximo igual ao percentual histórico de volume cancelado da região em que a central se encontra.

A menos que seja previsto em contrato o abastecimento da obra por duas centrais, toda a demanda da obra fica a cargo de uma única central, salvo em situações excepcionais de problema na central responsável.

Um resumo da programação com os horários de início e de término das concretagens é enviado ao operador da balança da central para que ele defina a escala de entrada dos motoristas.

– **Pessoas envolvidas**

- Área de logística: gera os indicadores do tempo dos caminhões
- Setor de programação e despacho (área de logística): recebe as programações, gera os gráficos e negocia os pedidos com os clientes, se necessário.

– **Interação com a construtora**

Recebimento das programações por e-mail ou telefone e negociação de alterações na programação por telefone.

– **Principais problemas**

- Clientes fazem programação com menos de três dias de antecedência e não conseguem encaixar sua programação no dia desejado por a central já ter atingido o limite de sua capacidade, já considerando os cancelamentos;
- Dias muito concorridos, geralmente véspera de feriado, com demanda muito acima da capacidade das centrais, mesmo já considerando os cancelamentos;
- Clientes que se queixam de não conseguir programar a concretagem na data desejada;
- Dias concorridos (quintas e sextas) e dias tranquilos (segundas e sábados) numa mesma semana;
- Grande número de cancelamentos no dia programado ou no final do dia anterior;
- Clientes que programam a mesma concretagem em mais de uma data para já terem uma alternativa caso não consigam realizar a concretagem na primeira data;
- Clientes que solicitam intervalos entre caminhões que não são capazes de cumprir;
- Clientes que estão sem crédito para realizar a programação por falta de alinhamento da área comercial com a obra quanto ao volume consumido por mês no momento da contratação ou por imprecisão da previsão de consumo de concreto mensal passada pelo engenheiro da obra.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- O setor de programação e despacho não aceita pedidos de fornecimento que excedam sua capacidade além da taxa de cancelamento para não prejudicar o fornecimento dos clientes que já fizeram a programação. Contudo, quando a área comercial é envolvida pelo cliente, embora não seja certeza que consigam ajudar, podem dar preferência à obra no caso de desistências ou envolver outras áreas para pensarem em alternativas;

- Cancelamentos são ruins, principalmente os feitos no final do dia anterior ao da concretagem e no dia da concretagem, porque o fornecedor perde a possibilidade de fornecer concreto a um outro cliente. Contudo, já fazem parte do negócio de fornecimento de concreto. Por serem recorrentes, os fornecedores precisam contar com eles, e assumir o risco de eles não ocorrerem e não conseguirem atender bem todos os clientes programados, caso nenhum deles cancele, para que consigam otimizar sua operação. Se não considerassem um volume extra, além de sua capacidade de fornecimento, já prevendo os cancelamentos, forneceria na maior parte dos dias um volume de concreto inferior ao que são capazes e ficariam ociosos. Apesar de os cancelamentos fazerem parte da rotina, percebem que em centrais ou regiões onde há menores índices de cancelamento há uma eficiência maior no fornecimento;
- Programações de uma mesma concretagem feitas em mais de um dia são ainda piores para a eficiência das centrais pois o fornecedor passa de uma situação em que tinha a possibilidade de fazer duas concretagens em dois dias diferentes para uma situação com a possibilidade de fazer uma concretagem em dois dias diferentes;
- Para evitar casos de falta de crédito para fornecimento de concreto à obra, a área comercial faz uma análise 2 dias antes das concretagens do status de cada cliente programado. Se identificam que algum está sem crédito, procuram regularizar a situação com urgência. Se a obra apresentar toda a documentação necessária que exigem para aumento do crédito, em 4 horas a situação está regularizada. Contudo, nem sempre conseguem as documentações tão rapidamente. Nesses casos, também tentam abrir uma exceção internamente para que a obra não precise remarcar. Em último caso, a concretagem tem que ser cancelada e reprogramada.

– **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

Se os clientes não são capazes de dar vazão aos caminhões enviados, eles correm o risco de ultrapassar o tempo máximo de uso após a mistura e terem que retornar à central. Mesmo que a obra pague por esse concreto, ainda há o custo de britagem e destinação do concreto devolvido.

b) Construtora**– Atividades**

- Definição da data e horário das concretagens:
 - As datas são definidas pelo engenheiro com base no cronograma de execução da estrutura elaborado pela área de orçamento ou cronograma feito pela obra com metas internas de antecipar o término da estrutura, visando antecipar o término da obra ou compensar eventuais atrasos posteriores;
 - Os horários variam em função do ciclo de execução da estrutura, do término dos preparativos pela obra, demais atividades programadas para o dia e preferências do engenheiro.
- Programação com o fornecedor:
 - Feita geralmente pelo estagiário com 3 dias de antecedência por e-mail ou telefone;
 - Preenchem uma planilha padrão do fornecedor com as informações necessárias:
 - Data;
 - Código do traço;
 - Fck (MPa);
 - Brita;
 - Slump;
 - Consumo de cimento (kg/m³);
 - Módulo (GPa);
 - Volume (m³);
 - Volume / CB (m³);
 - Intervalo (min.);
 - Peça de aplicação;
 - Concretagem bombeável / convencional;
 - Status dos caminhões (liberado / a liberar);

- Horário de início;
 - Número do contrato.
- Repassam a data e o horário da concretagem programada à equipe de estrutura, acabamento, laboratório de controle tecnológico e demais equipes para ciência.

Se a programação é feita por telefone, o atendente da programação informa na hora a confirmação ou não da concretagem. Se é feita por e-mail, no mesmo dia a obra recebe um e-mail informando a confirmação ou não da concretagem. Programações feitas com menos antecedência dependem da disponibilidade da central e geralmente ficam como “encaixe”.

– **Pessoas envolvidas**

- Estagiário da obra;
- Engenheiro da obra.

– **Interação com o fornecedor**

Programação por e-mail ou telefone com o setor de programação e despacho do fornecedor.

– **Interação com outros agentes**

- Empreiteiro de estrutura;
- Empreiteiro do acabamento da laje;
- Central de programação do laboratório de controle tecnológico.

– **Principais problemas**

- Antecedência de 3 dias para programação:
 - Podem ocorrer imprevistos nesses 3 dias fazendo com que a concretagem seja cancelada;
 - Se a concretagem for cancelada, precisarão remarcar para 3 dias após a data do cancelamento, postergando ainda mais a concretagem, ou

então tentar remarcar como um encaixe nos 2 dias seguintes ao cancelamento, sem uma condição ideal de fornecimento;

- A obra pode acabar fazendo mais de uma programação para a mesma concretagem para evitar essa situação.
- Alguns dos motivos que fazem a concretagem ser cancelada: chuvas fortes no dia ou em dias anteriores ao da concretagem, funcionários que faltam, quebra de equipamentos (grua, cremalheira), falta de energia, problemas na central, cancelamento pelo fornecedor, bloqueio de fornecimento pelo fornecedor;
- Falta de flexibilidade do fornecedor com concretagens reprogramadas ou programadas com menos antecedência do que a solicitada. A alternativa que oferecem de entrar no “encaixe” da programação não ajuda, pois não há previsão de que hora o fornecimento irá começar e geralmente ocorre no final do dia;
- Indisponibilidade de bomba para programação de concreto bombeado no dia desejado. Além de ser uma situação que não foi prevista ou alinhada na fase de contrato, a obra precisa contatar uma empresa especializada em locação de equipamentos de concretagem em caráter de emergência para não postergar a concretagem;
- Dificuldade em trabalhar com intervalos maiores entre caminhões. A obra sente que se o intervalo for grande, é maior a chance de atraso, pois o fornecedor não irá ficar com caminhões parados em sua central aguardando dar o tempo de intervalo solicitado, ele irá destinar os caminhões disponíveis a outras obras;
- Dificuldade em trabalhar com concretagens que não sejam no primeiro horário da manhã, próximo das 7 horas, ou no primeiro horário da tarde, às 13 horas. A obra sente que programações fora desses horários são prejudicadas, pois muitos motoristas já estão comprometidos com outras obras e o atendimento a essas obras é priorizado em relação às demais;
- Indisponibilidade de programação em dias concorridos;
- Impossibilidade de programar uma concretagem devido ao traço desejado não estar cadastrado na relação de traços que seriam fornecidos à obra. Apesar de a ficha padrão do fornecedor pedir o código de identificação do traço, informado na proposta ou contrato de fornecimento de concreto, a obra não sabe ou não

encontra o código e faz a programação mesmo assim, correndo o risco de estar solicitando um traço ainda não cadastrado por desconhecimento;

- Impossibilidade de realizar programação devido à falta de crédito.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- Encaixes no final da grade de programação das centrais nos casos de reprogramação ou programação com antecedência inferior a 3 dias resultam em concretagens pouco eficientes, geralmente iniciadas no final do dia, que incorrem em custos adicionais com equipe (equipe própria, moldador do controle tecnológico, almoxarife, segurança), o concreto (cobrança de adicional noturno após as 18h), risco de problemas com a vizinhança por avançarem até a noite, atraso no início dos serviços do dia seguinte pelo endurecimento do concreto (se laje) ou pelos funcionários que entram mais tarde, por terem ficado além do horário na concretagem do dia anterior , além do desgaste e descontentamento da equipe;
- Por acreditar que em horários que não sejam próximos das 7h ou 13h não será bem atendida, a obra antecipa o horário de início da programação das concretagens (das 10h para às 7h ou das 15h para às 13h, por exemplo), mesmo que ainda não esteja totalmente pronta para o início do lançamento do concreto;
- Em dias concorridos, sem disponibilidade para programação, caso a obra opte por contratar um novo fornecedor para manter a data, existe também com o outro fornecedor um trâmite burocrático que precisaria ocorrer em menos de três dias. Se não conseguirem alinhar todas essas questões a tempo, a concretagem pode atrasar, e mesmo que consigam o fornecimento para a data inicialmente desejada, a equipe de obra e de suprimentos da construtora acaba se desgastando para viabilizá-lo. Se não optar por um novo fornecedor, a concretagem ficará para uma data posterior de qualquer forma;
- Postergações das datas de concretagem por indisponibilidade da central, fatores internos e externos, indisponibilidade de bomba, traço não cadastrado (há um trâmite interno por parte do fornecedor de análise do traço e composição de preço que precisa ser feito até o traço ficar disponível à obra), falta de crédito (podem levar de um a dois dias para serem solucionados), entre outros, podem:

- Fazer com que nova data de concretagem coincida com recebimento de materiais e serviços já agendados que podem interferir na logística da concretagem e torna-la menos eficiente;
- Atrasar o ciclo de execução da estrutura e outras concretagens que já estavam agendadas (ex.: concretagem de pilares na quarta-feira que é cancelada e a obra precisa alterar a concretagem das lajes e vigas na sexta-feira);
- Fazer com que a obra tente recuperar o atraso no cronograma trabalhando de sábado, gerando custos extras e podendo gerar desgaste e descontentamento por parte dos funcionários, caso seja recorrente, podendo impactar a qualidade e produtividade das próximas concretagens.

– **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

Para não correr o risco de ser mal atendida e demorar para receber caminhões, a obra trabalha com intervalos entre caminhões pequenos. Mas, por outro lado, se não conseguir dar vazão ao volume de caminhão no tempo de intervalo solicitado corre o risco de os caminhões vencerem, ter de pagar por eles e gerar desperdício de concreto para a central.

17. Fornecedor: Preparativos para concretagem; Construtora: Preparativos para concretagem

a) Fornecedor

– **Atividades:**

No dia anterior ao da concretagem programada existem duas atividades principais realizadas pela área de serviço de bombeamento e o setor de programação e despacho: a visita do fiscal de bomba e a confirmação da concretagem.

A área de serviço de bombeamento envia um fiscal às obras que terão concretagem no dia seguinte, baseado na grade elaborada pelo setor de programação e despacho que fica disponível em um sistema interno, para checar as condições para o bombeamento de cada uma delas, incluindo:

- Acesso da bomba estacionária ou bomba-lança;
- No caso de bomba estacionária, verifica a passagem, comprimento e diâmetro da tubulação, e se a nova tubulação (ou o complemento da existente) precisa ser montada antes da concretagem ou se será montada no dia, além do travamento e conexão dos trechos já montados;
- O volume de concreto que será bombeado;
- A adequação do slump solicitado para o bombeamento que será feito;
- O status de preparação do elemento que será concretado.

Todos os itens a serem verificados estão contidos em um *checklist* que é preenchido pelo fiscal e assinado pelo engenheiro da obra. Caso seja necessário montar a tubulação no dia anterior à concretagem, o fiscal solicita que uma equipe vá à obra no mesmo dia da sua visita. Caso seja necessário aumentar o slump, ele informa a obra, a área comercial e o setor de programação e despacho em caráter de urgência para atualização do pedido e cadastro do novo traço, caso não esteja na relação cadastrada para a obra.

Enquanto faz as visitas, além de reportar ao líder de bomba, o fiscal também informa o setor de programação e despacho sobre obras que estão com os preparativos atrasados.

Todas as informações do *checklist* são transmitidas ao líder de bomba, que também tem acesso à grade de programação e fica responsável por definir qual bomba, equipe, materiais e equipamentos serão designados para atendimento de cada uma das obras programadas. Esse trabalho é feito no final do dia anterior ao da próxima concretagem, quando grande parte da equipe já retornou das concretagens do dia e ele consegue ter uma previsão mais precisa do horário de término das concretagens que ainda estão em andamento, para conseguir alocar as equipes da melhor forma, considerando o tempo mínimo de descanso dos funcionários interjornada e o início de cada concretagem. O critério adotado na alocação da equipe é que a bomba esteja na obra uma hora antes do início programado da concretagem.

No mesmo dia da visita do fiscal, o setor de programação e despacho também liga para todos os clientes, com concreto bombeado e sem, para confirmar ou alterar as definições da concretagem do dia seguinte (volume, horário de início, intervalo e status dos caminhões) ou cancelá-la. Também são sugeridas novas condições mais favoráveis de fornecimento devido a eventuais alterações na grade de programação

que tenham ocorrido entre o dia da programação (D-3) e o dia da confirmação (D-1), buscando otimizá-la.

Iniciam as ligações no período da manhã e vão retornando as ligações ao longo do dia para as obras que pediram mais tempo para tomar a decisão. Tanto no concreto não bombeado quanto no concreto bombeado, mesmo que o fiscal tenha alertado o setor de programação e despacho de que determinada obra não tem condições de terminar os preparativos para a concretagem do dia seguinte, o cancelamento só é feito com a formalização pela obra, mas o setor de programação e despacho pode sugerir alterações de horário ou data para conseguir reduzir tempos improdutivos da bomba e dos caminhões.

– **Pessoas envolvidas**

- Fiscal de bomba (308gos de serviço de bombeamento): fazem visita à obra para checar as condições das concretagens;
- Líder de bombas (área de serviço de bombeamento): escalam operadores de bomba e equipamentos para as concretagens;
- Setor de programação e despacho (área de logística): confirmam a concretagem com a obra e atualizam a grade programação.

– **Principais problemas**

- Nem sempre os fiscais de bomba são bem recebidos na obra e conseguem avaliar as condições para a concretagem do dia seguinte por receio dos engenheiros de que, ao passar o status da obra à programação, a mesma sugira o cancelamento da concretagem;
- Concretagens com bomba do dia anterior ao da concretagem atrasam, obrigando o setor de programação e despacho a renegociar com os clientes os inícios das concretagens bombeadas da manhã do dia seguinte para respeitar o tempo de descanso mínimo interjornada dos operadores da bomba;
- Obra está utilizando local inicialmente previsto para posicionamento da bomba para outros serviços. Fiscal solicita que seja liberado antes da bomba chegar no dia seguinte;

- Obras que seguram a programação da concretagem para o dia seguinte, mesmo estando com os preparativos para a concretagem do dia seguinte atrasados.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- A visita do fiscal visa ajudar as obras a se preparem para a concretagem do dia seguinte. Caso não sejam bem recebidos, a obra corre o risco de não estar seguindo as condições ideais para bombeamento do concreto;
- Inícios mais tardios pegam horários de maior atividade da central e tem mais influência do trânsito, prejudicando a produtividade da concretagem;
- Se o local de posicionamento da bomba não for liberado no dia seguinte, pode atrasar o início da concretagem, obrigar a obra a segurar caminhões que já estavam liberados e, ao fazer isso, é dado prioridade a outros clientes que estão seguindo a programação prevista, atrasando ainda mais a concretagem e reduzindo sua produtividade;
- Se a obra não cancela uma concretagem com concreto bombeado sem condições de iniciar no horário programado, ela, além de atrasar o início da sua concretagem e prejudicar o fornecimento de concreto (vide 16), também pode:
 - Atrasar a concretagem de uma outra obra para a qual a bomba seria destinada após o término da sua concretagem;
 - Terminar tarde a concretagem por conta do atraso para início e fornecimento não ideal, impactando no horário de entrada do operador da bomba no dia seguinte, podendo atrasar o início da concretagem que seria atendida por ele por conta do descanso mínimo de interjornada.

b) Construtora

– **Atividades**

O engenheiro da obra avalia a preparação da estrutura para concretagem em dois momentos principais: no dia anterior à concretagem e na manhã antes do início da concretagem.

No dia anterior:

- É feita a verificação da fôrma (nivelamento e alinhamento das fôrmas, posição e fixação do escoramento e cimbramento, fechamento das vigas, pilares e assoalho, alinhamento dos painéis de borda de laje, prumo dos pilares), da armação e das instalações embutidas junto com o mestre e encarregado de estrutura;
- Fazem o levantamento do volume de concreto com base nas dimensões reais das fôrmas para atualização do volume necessário com o fornecedor;
- Aguardam até por volta das 15h para confirmar ou não a concretagem para o dia seguinte e passar o status de cada caminhão (liberado / a liberar). Caso a concretagem seja cancelada, o fornecedor pede que a obra informe o motivo, o qual fica registrado para consulta futura;
- Atualizam o volume de concreto programado com base em dimensões feitas a partir das fôrmas.

No dia da concretagem:

- Verificam se os elementos estão todos liberados ou então, no caso de lajes e vigas, com no mínimo 50% da área liberada para início da concretagem;
- Verificam se todos os equipamentos necessários estão funcionando;
- Verificam se a equipe de estrutura e de acabamento estão completas ou se precisarão da ajuda de algum outro funcionário;
- Verificam se o local da bomba está livre, sem caçamba de entulho, *pallets* de blocos ou outros materiais que prejudiquem o posicionamento;
- Lavam novamente a fôrma.

– **Pessoas envolvidas**

- Estagiário: participa de todo o preparativo;
- Mestre de obra: auxilia o estagiário em todo o preparativo;
- Engenheiro da obra: auxilia o estagiário em algumas atividades e as supervisiona.

– **Interação com o fornecedor**

A obra recebe o fiscal da bomba e o leva para conferir o preparativo do elemento estrutural, tubulação e acesso da obra.

– **Interação com outros agentes**

Equipe de estrutura: executa as fôrmas e armaduras.

– **Principais problemas**

- Caminhões que ficam a liberar geralmente demoram além do previsto para chegar após a liberação;
- Precisar alterar o slump do concreto programado para o dia seguinte, por alerta do fiscal de bomba, por conta de posicionamento da bomba diferente do previsto no estudo logístico e alinhado na reunião de início de obra, com distância de bombeamento e número de curvas maiores do que o indicado para o slump inicialmente programado. Ajuda a evitar um problema maior, mas não deixa de ser um problema para a obra, pois o traço com slump maior pode não estar cadastrado, e seu custo superior pode fazer a obra estourar a verba prevista em orçamento para as concretagens, tendo que pedir um adicional de verba para pagar o fornecedor;
- Chuva forte em dia de concretagem com os caminhões liberados. A obra precisa contatar urgentemente a central para que não enviem caminhões pois não terão condições de descarrega-los por conta da chuva;
- Falta de funcionários envolvidos na execução da estrutura atrasa os preparativos para a concretagem. Há relatos de 10 faltas no mês em uma mesma obra. Às vezes precisam ficar até mais tarde para não atrasar a laje, mas não pode fazer isso todo dia. Dependendo do desfalque, acabam tendo que postergar a concretagem;
- Já aconteceu de confirmarem a concretagem no dia anterior, mas terem de cancelá-la no próprio dia por conta de quebra de equipamento;
- Local de posicionamento da bomba ocupado por outros materiais.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- Se os serviços do dia anterior não estiverem finalizados e a concretagem for mantida, terá que aguardar a finalização das pendências para iniciar, postergando o envio dos caminhões e prejudicando o fornecimento;
- Se o local da bomba não estiver livre, perde-se tempo até conseguirem liberar espaço para acesso da bomba, postergando o envio dos caminhões e prejudicando o fornecimento;
- Se não conseguirem alterar o slump do concreto programado para o dia seguinte a tempo, a concretagem pode ser cancelada.

– **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

- Quanto mais afastado da torre a bomba ficar, por conta de outras ocupações no canteiro, maior o comprimento de tubulação e maior a quantidade de concreto não aproveitado na tubulação;
- Se as fôrmas não estiverem bem posicionadas terão perdas incorporadas de concreto.

18. Fornecedor: Envio e preparação da bomba e tubulação; Construtora: Preparação da bomba e tubulação

a) Fornecedor

– **Atividades**

A definição da necessidade de bombeamento, ou não, e de qual equipamento utilizar, foi feita na etapa de programação. Independentemente do tipo de equipamento solicitado, é necessário que a equipe de bombeamento chegue na obra com antecedência, geralmente entre 30 minutos e 1 hora antes da concretagem para que quando os caminhões cheguem, a bomba já esteja em condição de transportá-lo.

A formação da equipe depende do tipo de bomba utilizado:

- Se bomba estacionária, a equipe é formada pelo operador da bomba e dois ajudantes;
- Se bomba lança, a equipe é formada pelo operador e um ajudante.

O ajudante é responsável por montar e desmontar ao final da concretagem a tubulação fixa (que pode ser um trecho horizontal de conexão da bomba a um trecho vertical de tubulação já montada anteriormente, ou montar toda a tubulação de transporte caso a distância não seja longa) e a tubulação flexível, conectada ao final da tubulação fixa para lançamento do concreto.

O trabalho do ajudante é complementado pela obra, que fica responsável por fazer o travamento da tubulação no caso de bomba estacionária, para reduzir sua vibração durante os golpes da bomba e evitar vazamento nas conexões. Assim como ocorre para a montagem da tubulação, parte do travamento pode já ter sido feita anteriormente, restando travar os novos trechos montados no dia.

O operador da bomba é responsável por posicionar a bomba, preparar e bombear nata de cimento pela tubulação para facilitar o fluxo de concreto e acompanhar as medições de slump do concreto.

Ao terminarem os preparativos, o operador da bomba confirma com o setor de programação e despacho que os caminhões já podem ser liberados. Caso encontrem alguma dificuldade e a montagem atrase, avisam para que segurem o envio dos caminhões.

– **Pessoas envolvidas**

- Operador da bomba e ajudantes (área de serviço de bombeamento): fazem a preparação da tubulação e da bomba para o bombeamento do concreto.

– **Interação com a construtora**

Liberação de acesso da bomba e disponibilização de cimento e local adequado para preparo da bomba e montagem da tubulação.

– **Principais problemas**

- Travamento da tubulação mal feito e vazamento de concreto entre as conexões;
- Obra que demora para abrir o portão e liberar a entrada da bomba para iniciar os preparativos;

- Obra que não disponibiliza local adequado para posicionamento da bomba e cimento para preparo da nata;
- Interferência de caçambas e de outros caminhões no acesso à obra e posicionamento da bomba;
- Caminhões de concreto que chegam antes da bomba na obra, por demora da bomba em sair da central ou devido à bomba estar vindo de uma central diferente da que vêm os caminhões, e o tempo maior de viagem até chegar na obra não ser considerado na escala dos operadores da bomba;
- Concretagens com bombeamento do dia anterior que atrasam e obrigam o operador a entrar mais tarde no dia seguinte por conta do descanso mínimo interjornada.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- Vazamentos na tubulação paralisam o bombeamento até que o ponto de vazamento seja identificado e a conexão das tubulações refeita;
- Demorar para abrir o portão da obra, eliminar interferências de caçambas e outros caminhões e dar condições para que a bomba inicie seus preparativos atrasam o início da concretagem e podem comprometer o fornecimento de concreto;
- Ter que atrasar o início do bombeamento de uma obra por conta de atrasos de outra obra no dia pode prejudicar todo o fornecimento do dia, além de prejudicar o próprio operador que pode ficar sem concretagens para atender, caso todas estejam previstas para começar cedo, antes do horário da sua entrada.

– **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

- Perdas de concreto por vazamento da tubulação;
- Se os caminhões de concreto chegarem antes da bomba, corre-se o risco de os caminhões vencerem, ainda mais se a obra não der as condições necessárias para que a bomba inicie seus preparativos.

b) Construtora

– **Atividades**

A obra é responsável por liberar a entrada e acesso da equipe de bomba ao local de descarga previsto, realizar o travamento das tubulações para que elas não trepidem e corram o risco de se desencaixar e vazar durante o bombeamento, além de disponibilizar cimento e água para mistura e bombeamento da nata de cimento antes do concreto.

– **Pessoas envolvidas**

- Estagiário de obra: auxilia o mestre nos preparativos da bomba;
- Mestre de obra: libera entrada, acesso e disponibiliza cimento e água para o fornecedor.

– **Interação com o fornecedor**

Recebimento da bomba e auxílio na sua preparação.

– **Interação com outros agentes**

Equipe de estrutura: faz o travamento da tubulação.

– **Principais problemas**

- Conexões entre tubulações malfeitas pela equipe de bombeamento com vazamento de concreto;
- Equipe de bomba não avalia o travamento feito pela construtora;
- Fiscal da bomba e equipe de bombeamento que vem à obra no dia anterior ao da concretagem para a montagem da tubulação para o dia seguinte não avaliam o travamento dos trechos já executados, feitos pela obra;
- Bombas que não chegam com a antecedência necessária ou chegam depois do horário previsto para início da concretagem. Quando a obra questiona o fornecedor sobre o motivo do atraso, geralmente são informados que:
 - Houve atraso da concretagem do dia anterior e com o tempo mínimo de descanso do operador interjornada não foi possível fornecer a bomba no horário programado;

- Houve atraso na concretagem de uma outra obra programada para mais cedo que está utilizando a mesma bomba que depois será enviada à obra em questão;
 - Houve problema técnico na bomba;
 - Discussões com a equipe de bomba de qual diâmetro de tubulação flexível utilizar no lançamento do concreto. A obra prefere a de 4 polegadas por ser mais leve, fácil de movimentar e danificar menos a armação e instalações da laje quando arrastado. Já o fornecedor prefere a de 5 polegadas por ser mais fácil de bombear o concreto por ele e ter menos risco de entupimento.
- **Impacto da atividade / problemas na produtividade**
- Vazamentos na tubulação paralisam o bombeamento até que o ponto de vazamento seja identificado e a conexão das tubulações refeita;
 - Quando as bombas atrasam o início da concretagem precisa ainda esperar a montagem e travamento da tubulação e o preparo e bombeamento da nata de cimento, podendo prejudicar o envio de caminhões à obra;
 - Se a obra manter o uso da tubulação flexível de 4 polegadas com slumps que estão próximos do seu limite máximo de bombeamento em termos de comprimento horizontal e vertical da tubulação, podem estar aumentando o risco de entupimento, podendo causar paralização da concretagem.
- **Impacto da atividade / problemas nas perdas**
- Quando a bomba atrasa, corre-se o risco de os caminhões vencerem, caso já tenham sido enviados à obra. Apesar de não serem cobrados da obra nesses casos, representam um desperdício e custo para o fornecedor;
 - Entupimentos, além de causarem atrasos na concretagem, também podem ocasionar o vencimento de caminhões que já estejam na obra. Apesar de não serem cobrados da obra nesses casos, representam um desperdício e custo para o fornecedor.

19. Fornecedor: Carregamento dos pedidos já liberados; Construtora: Não participa desta etapa

a) Fornecedor

– Atividades

No carregamento dos caminhões estão envolvidos o operador da balança, o setor de programação e despacho e os próprios motoristas, que são auxiliados pelo software de gestão da programação. Cada central possui um operador de balança, que fica em uma sala com visão de todo o pátio, mas o setor de programação e despacho é centralizado por região e fica separado das centrais.

O sequenciamento de carregamento dos caminhões é apresentado a seguir e ilustrado na Figura B3, que representa o ciclo de um caminhão betoneira na central dosadora:

- 1) Os motoristas, à medida que iniciam seu trabalho ou retornam de uma obra, se organizam em filas próximas aos pontos de carga da central (Ponto 1 – Figura B3);
- 2) Através de sensores GPS que são ativados quando o motor dos caminhões é ligado, os caminhões operantes e localizados na central ficam visíveis para o operador da balança na tela do software de gestão da programação;
- 3) Os primeiros caminhões da fila vão se dirigindo aos pontos de carga e novos caminhões também se dirigem aos pontos de carga à medida em que os caminhões anteriores saem (Ponto 2 – Figura B3);
- 4) O operador da balança, que, da sua cabine, tem visão de todo o pátio (Ponto 4 – Figura B3), informa ao operador do despacho qual caminhão betoneira (pela numeração que cada caminhão tem em sua lataria) se dirigiu a qual ponto de carga, caso haja mais de um;
- 5) Através do software de gestão da programação o operador de despacho consegue visualizar todas as concretagens que ocorrerão no dia, o horário de início de cada uma delas, o volume de concreto e o intervalo solicitado entre caminhões. Com base nessas informações e dados de tempo de carregamento, transporte até a obra, descarregamento e retorno, o software sugere a ordem de fornecimento de caminhões para as obras que estão sendo

atendidas, buscando manter os horários programados. O operador de despacho então aloca o fornecimento sugerido pelo software ao caminhão informado pelo operador da balança. Dependendo da situação, dos acontecimentos e horários efetivamente praticados no dia, de envolvimento da área comercial pelos clientes, de solicitações do setor de bomba por conta de concreto parado em tubulação, o operador de despacho pode tomar outra decisão com base na sua interpretação da situação;

- 6) O operador da balança então consegue iniciar o carregamento do caminhão com o fornecimento alocado pelo despacho. O software já tem as características do traço, o volume de concreto e todas as quantidades de material que devem ser dosados. Cabe ao operador apenas definir qual será a água de corte do carregamento²⁷. Em geral, adotam entre 20 e 30 litros de água por metro cúbico de concreto. Após avaliar visualmente se o caminhão está corretamente posicionado no ponto de carga (Ponto 3 – Figura B3), o operador inicia o carregamento do caminhão;
- 7) Os agregados componentes do concreto são pesados através de células de carga nas caixas de agregado (Ponto 2b – Figura B3), as quais são alimentadas através de esteiras que são carregadas por pás carregadeiras que coletam os materiais de baias, onde cada material fica separado (Ponto 2a – Figura B3). O cimento fica estocado em silos (Ponto 2c – Figura B3) e a água e aditivo em tanques próximos ao ponto de carga e ambos são dosados diretamente no caminhão betoneira. No painel de operação da balança, o software utilizado indica a quantidade pesada de material e desvios em relação à quantidade indicada no traço. Existem limites máximos de desvio de cada material indicados na ABNT NBR 7212 (2012) que devem ser seguidos. Em algumas situações o operador da balança e o líder podem liberar pesagens dos materiais com desvios além dos limites da norma, se tiverem segurança com relação ao impacto que terá na qualidade do concreto;

²⁷ Chama-se de água de corte a água que é retida pelo operador da balança da quantidade total indicada no traço de concreto durante a dosagem dos materiais na central. Segundo entrevistas com o fornecedor, esse corte de a função de: evitar que os motoristas ultrapassem a quantidade de água indicada no traço durante a lavagem do caminhão, antes de sair da central; evitar que o concreto vá muito fluido até a obra e corra o risco de cair em percursos inclinados; evitar que desvios na medição da umidade dos agregados elevem o slump para além do solicitado.

- 8) Algumas situações que podem originar desvios nas quantidades pesadas analisadas estão indicadas a seguir:
- a. Variação entre umidade medida e real dos agregados miúdos²⁸ utilizados no carregamento dos caminhões, conforme descrito em 9;
 - b. O momento de fechamento das comportas da caixa de agregado influencia na precisão da pesagem de material. No entanto, conforme as pesagens vão sendo realizadas ao longo do dia, o momento de fechamento vai sendo atualizado em função do tempo de voo dos materiais (tempo entre o acionamento da comporta e sua contabilização na balança) para maior precisão;
 - c. Materiais, principalmente agregados miúdos e cimento, que ficam presos nas comportas das caixas de agregado e não caem na balança. Se a quantidade presa for dentro do desvio permitido por norma, o carregamento prossegue normalmente. Se o desvio for grande, solicitam que o auxiliar do pátio vá até a caixa de agregado e ajude a soltar os materiais presos na comporta;
 - d. Materiais que caem das esteiras que os transportam da balança até o caminhão. Em centrais bem conservadas e com esteiras protegidas, a quantidade de material que cai é muito baixa, não chegando a ser significativa;
 - e. Materiais que caem fora do funil do balão do caminhão betoneira. Em centrais que criam uma referência de posicionamento do caminhão dentro do ponto de carga, a quantidade de material que cai fora do funil é muito baixa, não chegando a ser significativa;
 - f. As próprias balanças e hidrômetros utilizados possuem um erro de medição máximo permitido em função da sua classe de precisão;
 - g. O volume de água de corte do concreto, retida pelo operador da balança no momento da dosagem;
- 9) Após iniciar o carregamento, o operador da balança aciona um letreiro visível dos pontos de carga, que indica o slump do concreto dos caminhões sendo

²⁸ A ABNT NBR 7211 (2009) classifica os agregados em miúdos e grãos. Nas centrais de concreto, as areias se enquadram na categoria de miúdos e as britas, na de grãos.

carregados e faz referência ao número do caminhão betoneira e número do ponto de carga;

- 10) Após o término do carregamento e com a informação do slump, o motorista se dirige à “força” (Ponto 3 – Figura B3) onde lava o caminhão, principalmente o funil do balão, e verifica se o slump precisa ser ajustado para o valor mostrado no letreiro. A mangueira para dosagem de água na força possui um hidrômetro para que o motorista saiba quanto de água ele adicionou no concreto. Essa informação deve ser registrada na nota fiscal (há um campo para isso) para que, na obra, ele consiga controlar quanto de água ainda pode adicionar no caminhão, tendo como limite a água de corte considerada (cujo valor total em litros também é indicado);
- 11) Após terminar a lavagem do caminhão e correção do slump, o motorista passa na balança e retira com o operador a nota fiscal da entrega, o lacre do caminhão betoneira e a identificação de corpos de prova, caso ele tenha que moldá-los, e então lacra a calha do caminhão e se dirige para o endereço da obra indicada na nota fiscal.

Figura B3 – Ciclo dos caminhões betoneira em uma central e ilustração das estruturas da central

LEGENDA:

- > caminhão
- > motorista

Fonte: elaborado pelo autor.

Durante toda a concretagem, tanto o operador da balança quanto o de despacho conseguem acompanhar o status de todos os caminhões que já foram carregados, se estão a caminho da obra, se estão parados na obra, se já começaram o carregamento, se estão retornando, através de sensores GPS e de giro no balão

dos caminhões betoneira que estão integrados com o *software* de gestão da programação.

Quando há atrasos muito grandes por parte do fornecedor, a área comercial também acaba sendo envolvida pela obra para explicar o motivo. A área comercial então entra em contato com as áreas envolvidas do fornecedor para repassar a explicação ao cliente.

Em caso de atrasos ou demora em alguma das etapas o operador da balança liga para os motoristas para entender o que está acontecendo e informar o operador de despacho para tomarem uma decisão sobre mudanças na ordem de fornecimento. O operador de despacho, por sua vez, é quem atende as obras e tanto informa a obra sobre o status dos carregamentos quanto questiona eventuais demoras.

– **Pessoas envolvidas**

- Operador da balança (área de operação): opera a balança, gerencia os caminhões, emite a nota fiscal e auxilia a área de despacho;
- Operador do despacho (área de logística): opera o *software* de gestão da programação e realiza o despacho dos caminhões;
- Operador da bomba (área de serviço de bombeamento): intercede com a área de despacho pela equipe de bomba;
- Área comercial: intercede com a área de despacho pelos clientes;
- Motorista de caminhão betoneira (área de operação): carrega os caminhões, pega a nota fiscal e corrige o slump antes de sair.

– **Principais problemas**

- Motoristas que dosam água em excesso e ultrapassam a faixa do slump do concreto. As centrais procuram agir preventivamente utilizando águas de corte entre 20 e 30L/m³. Se usarem menos, aumenta a chance de os motoristas ultrapassarem o slump solicitado do concreto e causar sua rejeição pela obra;
- Erros de dosagem: dificilmente acontece, pois todas as centrais são automatizadas;
- Falhas de comunicação entre o GPS dos caminhões e o software gerenciador das entregas.

- Queixas por falta de volume de concreto pela obra. Nesses casos, o primeiro a se envolver é o líder da central. Ele busca rastrear o concreto fornecido, conversa com os motoristas, conversa com os funcionários da obra, tentando investigar se houve algum desvio no uso do concreto. Não há uma forma padrão de se medir as espessuras dos elementos estruturais, geralmente quem indica a posição dos furos é o engenheiro da obra. Se após essa análise ainda não chegarem a uma conclusão, a terceira etapa é resgatar o relatório de pesagem do concreto dos caminhões enviados, com a indicação do peso medido de cada componente do concreto pela balança da central e as certificações de calibração da mesma checarem se houve desvio da central;
- A principal causa dos atrasos nas concretagens é o efeito dos pequenos atrasos de cada obra, uma na outra, em cadeia.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- Pequenos atrasos de cada obra prejudicam o atendimento pelo fornecedor e como reflexo, geram mais atraso, fazendo com que o atraso de uma obra prejudique a produtividade de uma outra e vice-versa.
- No caso de problemas na central de concreto, início ou continuação do fornecimento de concreto podem ser interrompidos ou transferidos para uma outra central mais distante. No caso de transferência, a central mais distante fica sobrecarregada, prejudicando o atendimento das obras que já tinha e além de não atender da forma ideal as novas demandas que assumiu.
- Nas falhas de comunicação do GPS dos caminhões com o software de gestão, a tomada de decisão do operador de despacho quanto à sequência de carregamento pode ser prejudicada, afetam a produtividade das concretagens.
- Além disso, o fato de a decisão dos carregamentos serem feitas pelo operador de despacho pode fazer com que uma obra seja prejudica em relação à outra em função dos acontecimentos do dia e prioridades da central.

– **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

- O corte de água na dosagem pode fazer com que os caminhões sejam entregues com 20L/m³ a 30L/m³ de água a menos, dependendo da adição de

água na força da central e no controle de recebimento da obra, podendo impactar no volume entregue.

- Pequenos desvios na pesagem podem se combinar e afetar o volume de concreto entregue, são eles: agregados presos nas comportas da caixa de agregado ou cimento que fica preso na comporta do silo de cimento; diferença entre umidade medida dos agregados miúdos e a umidade real dos mesmos; momento de fechamentos das comportas das caixas dos agregados; materiais que caem das esteiras que os transportam, após a pesagem; materiais que caem fora do funil do balão do caminhão betoneira no ponto de carga; classe de precisão das balanças e hidrômetros utilizados.

b) Construtora

– Principais problemas

- Desconfiança no status de carregamento dos caminhões da obra passado pelo operador de despacho em casos de atraso;
- Problemas na central de concreto.

– Impacto da atividade / problemas na produtividade

- Se a obra não tem confiança no status informado dos caminhões, fica difícil para o engenheiro se planejar quanto a quais medidas tomar acerca da equipe, da condução da concretagem e outras atividades ocorrendo no canteiro;
- Problemas na central envolvem grandes atrasos. Quando isso ocorre, a obra passa a ser atendida por uma outra central, geralmente mais longe, e os caminhões demoram mais para chegar.

– Impacto da atividade / problemas nas perdas

Se os caminhões demorarem para ser carregados, poderá ser necessário esvaziar a tubulação de concreto, dando “retorno” na bomba para que o concreto do caminhão anterior não vença dentro da tubulação. Nesses casos há duas vezes descarte de concreto na tubulação: no intervalo durante a concretagem e após o fim da concretagem.

20. Fornecedor: Carregamento dos pedidos liberados que estavam “a liberar”; Construtora: Liberação dos pedidos “a liberar”

a) Fornecedor

– Atividades

O operador de despacho é quem fala com as obras e recebe as solicitações de liberação, de segurar o carregamento dos caminhões ou de mudanças de intervalo de carregamento. O contato é feito por telefone e fica registrado, podendo ser consultado futuramente.

A obra é instruída na reunião de início do fornecimento a realizar a liberação de caminhões com 90 minutos de antecedência em relação ao horário desejado para que o fornecimento de concreto não seja comprometido.

– Pessoas envolvidas

- Operador de despacho (área de logística): libera ou segura o envio dos caminhões conforme solicitação da obra.

– Interação com a construtora

Contato por telefone com as obras para atualização sobre interrupção ou liberação do carregamento dos caminhões.

– Principais problemas

Concretagens liberadas e que no dia a obra pede para segurar o carregamento.

– Impacto da atividade / problemas na produtividade

Além do atraso pela interrupção, a obra poderá ter um atraso maior devido à concorrência com outras obras quando decidir retomar a concretagem.

b) Construtora

– Atividades

O estagiário da obra é o responsável por acompanhar o andamento da concretagem e informar ao setor de programação e despacho a necessidade de segurar algum caminhão que já havia sido liberado ou a possibilidade de liberar os caminhões que estavam a liberar ou ainda alterar o tempo de intervalo entre os caminhões.

Geralmente todos os caminhões já estão liberados, exceto quando: a obra deseja fazer concretagens em frentes diferentes no mesmo dia, aí precisa aguardar o termino de uma para iniciar a outra; quando há algum outro serviço em execução no canteiro que impacta a concretagem; não tem certeza quanto ao volume de concreto que será pedido no último caminhão e o deixam “a liberar” para ajuste do volume.

Neste último caso, que é o mais comum, enquanto estão descarregando o penúltimo caminhão, o estagiário e o mestre de obra estimam o volume que será necessário no último caminhão. Precisam estimar o volume pois o concreto do penúltimo caminhão ainda está sendo descarregado. Preferem não esperar o término do penúltimo caminhão para que o último caminhão não demore para chegar.

– **Pessoas envolvidas**

- Estagiário de obra;
- Mestre de obra;

– **Interação com o fornecedor**

Contato por telefone com o operador de despacho para liberação dos caminhões.

– **Principais problemas**

- Não conseguir falar com o operador de despacho por problema no telefone deles ou por estarem com a linha ocupada, e então precisam falar direto com o operador da balança e pedir para eles informarem o operador de despacho.
- Demora do fornecedor para envio dos caminhões que estavam “a liberar”.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- Se demorar para liberar os caminhões a liberar, eles podem atrasar além do intervalo entre caminhões solicitado;
 - Se demorar para liberar o carregamento do último caminhão, ele pode atrasar além do intervalo entre caminhões solicitado.
- **Impacto da atividade / problemas nas perdas**
- Se não conseguir falar com o operador de despacho para segurar o envio de algum caminhão, por algum atraso ou problema na concretagem, correm o risco de receber o caminhão e ele vencer no canteiro, gerando perdas para o fornecedor.

21. Fornecedor: Transporte para a obra / Construtora: Não participa desta etapa

a) Fornecedor

– Atividades

Os endereços das obras estão no cadastro do cliente e, antes de iniciar o fornecimento de concreto, o fiscal de obra / bomba da central vai até a obra para checar o melhor percurso para os caminhões e bomba, se houver, pois podem ter vias com restrição de circulação de caminhões e vias que os veículos não conseguem trafegar.

Durante o fornecimento, à medida que vão sendo designados para a obra, o fiscal instrui aos motoristas de caminhões e bomba o percurso a ser feito – que se mantém até o final da obra, a menos que tenha alguma interferência de reformas, paralisações e acidentes. Nesses casos, ligam para a central e são instruídos pelo operador da balança qual desvio adotar.

– Pessoas envolvidas

- Fiscal de obra / bomba (área de serviço de bombeamento);
- Motorista de caminhão (área de operações);
- Motorista / operador de bomba (área de serviço de bombeamento);
- Operador da balança (área de operações).

– **Principais problemas**

- As instruções dadas aos motoristas sobre as melhores rotas até as obras não são detalhadas;
- Os motoristas não se baseiam em aplicativos móveis de geolocalização por eles não indicarem quais são as vias que podem trafegar e acabam fazendo sempre o mesmo percurso, ficando mais sujeito a influência do trânsito;
- Grandes distâncias percorridas pelos caminhões até as obras. Não conseguem instalar centrais tão próximas de centros urbanos, onde estão a maior concentração das obras residenciais, por regulamentações de zoneamento.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- Motoristas estão mais sujeitos ao trânsito, erros de percurso e influência de externalidades, aumentando o tempo de ida e retorno da obra e o ciclo dos caminhões.
- Obras localizadas mais próximas das centrais tendem a ter um fornecimento de concreto mais eficiente.

b) Construtora

– **Principais problemas**

Fornecedor não avalia / alerta a obra antes do início do fornecimento sobre possíveis derramamentos de concreto que podem ocorrer devido ao relevo acidentado da região da obra.

– **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

Perdas de concreto pelo caminhão betoneira durante o caminho podem ser interpretadas erroneamente como perdas por parte da construtora ou como desvios de dosagem de concreto pelo fornecedor.

22. Fornecedor: Controle de recebimento dos caminhões; Construtora: Controle de recebimento dos caminhões

a) Fornecedor

– **Atividades**

O controle do recebimento é composto pelo recebimento do caminhão, checagem das informações da nota fiscal e medição do slump do concreto pela obra.

Ao chegar na obra, os motoristas devem:

- Procurar um local para estacionar o caminhão, ficando em fila com os que já estiverem na obra;
- Procurar o responsável da obra pelo recebimento da nota fiscal do concreto, geralmente um estagiário, almoxarife ou moldador do laboratório de controle tecnológico, que coletam as notas fiscais, checam suas informações e ao final do descarregamento devolvem uma das vias da nota assinada;
- Ter o slump do concreto avaliado pelo moldador do laboratório de controle tecnológico, ajustando o slump com adição de água dentro do limite que ainda resta (água de corte menos a água que já foi adicionada na força da central) e misturando novamente o concreto do balão.

O slump não é medido pelo fornecedor. Ele é determinado no estudo de dosagem e acompanhado nos primeiros fornecimentos, durante a etapa de ajuste e comprovação. Depois disso, o controle é feito visualmente pelos motoristas, que podem acusar alguma anomalia no concreto enquanto estão corrigindo o slump na força, e pelos clientes, com o laboratório de controle tecnológico.

– **Pessoas envolvidas**

- Motorista de caminhão (área de operações): transportam o concreto até a obra e ajustam o slump do caminhão, se necessário.

– **Interação com a construtora**

Recebem os caminhões e medem o slump do concreto.

– **Principais problemas**

- Não terem onde estacionar o caminhão próximo à obra e terem que ficar dando volta com o caminhão ou procurar um lugar mais afastado para estacionar até chegar sua vez de começar a descarregar o concreto;
- Obras que demoram para liberar a entrada de motoristas no canteiro;
- Obras que demoram para devolver a segunda via assinada da nota fiscal do caminhão betoneira;
- Obras que não devolvem caminhões com slump fora da especificação.
- Queixas de obras que controlam o volume recebido, porém de forma incorreta:
 - Utilizam balança rodoviária, mas dividem o peso obtido pela massa específica errada;
 - Medem a massa específica na obra de forma errada;

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- Não ter local próximo para estacionar ou ter que ficar em trânsito aumenta o tempo de intervalo entre descarregamento dos caminhões, reduzindo a produtividade das concretagens;
- Atrasos retardam a velocidade de lançamento no concreto e tornam as viagens dos caminhões menos eficiente;
- Demora para devolver a via assinada da nota fiscal torna a viagem dos motoristas menos produtivas;
- Demora para liberar a entrada dos caminhões na obra aumenta o tempo de ciclo do motorista e atrasa as concretagens, reduzindo a produtividade do fornecedor e da obra;
- A devolução do concreto por slump fora da especificação faz com que o motorista entregue menos concreto no dia, reduzindo a produtividade da central. Contudo, se os caminhões fora de especificação não forem devolvidos, a área de tecnologia fica sem o retorno sobre a qualidade dos traços e da dosagem e, portanto, não tem referência para atuar em cima do problema. Preferem que o caminhão retorne, mesmo com o desperdício e custos envolvidos, para que assim consigam tomar providências para que o slump chegue no valor correto, agilizando o recebimento pela obra e evitando problemas piores.

– **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

- Caminhões devolvidos por slump fora da especificação geram desperdício de concreto, que são descartados no pátio da central e transformados em brita por empresa especializada, gerando um custo com a britagem e transporte.
- O controle do volume entregue de forma errada prejudica o cálculo do índice de perdas e ainda pode gerar reclamações infundadas pela obra.

b) Construtora

– **Atividades**

Os caminhões betoneira são recebidos pelo moldador do laboratório de controle tecnológico, sendo geralmente o primeiro acompanhado pelo estagiário ou almoxarife da obra, que também podem acompanhar os demais caminhões. O estagiário da obra também fica responsável por garantir condições para que o moldador faça a medição do slump dos caminhões: local plano, de fácil acesso e que permita rápida troca de informações entre o moldador e os motoristas.

Os motoristas, conforme vão chegando à obra, procuram estacionar próximos à obra, em fila. Caso não encontrem local próximo, a obra fornece um rádio para que mantenham contato. Quando chega sua vez de descarregar, cada motorista entrega duas vias de nota fiscal ao moldador que devolve uma das vias assinadas após o término do descarregamento.

No controle de recebimento de cada caminhão, o moldador verifica:

- Se o lacre do caminhão betoneira está intacto. Se não estiver, deve informar o engenheiro que então rejeita o caminhão e informa o fornecedor;
- Se o número do lacre é o mesmo que o indicado na nota fiscal. Se não forem iguais, deve informar o engenheiro que então rejeita o caminhão e informa o fornecedor;
- Se as especificações do concreto na nota fiscal (fck, Ecs, brita, consumo de cimento, slump) estão de acordo com o solicitado. O laboratório de controle tecnológico é copiado nos e-mails de programação e também recebe as

especificações do concreto para controle. Se não estiverem iguais, avisa o engenheiro, que informa o fornecedor e pode rejeitar o caminhão;

- Se o tempo entre o horário de início da mistura do concreto, indicado na nota fiscal como “horário de saída da central”, e o horário de chegada na obra, considerado quando o motorista lhe entrega a nota, é inferior a 90 minutos. Se for maior, o moldador informa o engenheiro e o caminhão poderá ser rejeitado;
- Se o slump do caminhão está dentro do solicitado, controlando se:
 - Os motoristas misturaram o concreto do caminhão pelo tempo mínimo de 1 minuto por metro cúbico de concreto transportado antes de iniciar a coleta de amostra para a medição do slump, para homogeneização do concreto;
 - Medição de slump de todos os caminhões betoneira, antes de iniciarem o descarregamento, coletando uma amostra de concreto em uma jérica, após descartar o volume inicial do balão (cerca de meia jérica) que é menos argamassado e com mais brita;
 - A adição feita pelo motorista para correção do slump, com base no limite da água de corte indicada na nota fiscal, considerando o que já foi adicionado na força da central;
 - O volume de aditivo adicionado no concreto por laboratorista do fornecedor em casos de traços especiais, com base na quantidade teórica do traço indicada na nota fiscal;
 - Todo o volume da programação diária foi entregue. Se não, entender com estagiário ou engenheiro se houve alguma alteração na quantidade.

Após essas verificações, o moldador então registra em sua ficha de controle de recebimento de concreto e na ficha equivalente da construtora:

- O horário de início da mistura do concreto no caminhão betoneira para controle do tempo de utilização do concreto, limitado em 2h30 para concretos convencionais, podendo ir até 3h caso o engenheiro da obra se responsabilize por isso e deixe registrado no verso da nota fiscal com sua assinatura, além de solicitar uma nova moldagem de CPs pelo moldador;
- O número da nota fiscal do caminhão;

- O número do caminhão betoneira, indicado em sua lataria;
- A central de onde o caminhão veio;
- A adição de água ou aditivo no caminhão;
- O volume nominal entregue.

Após acompanhar o recebimento do primeiro caminhão, para o caso de precisar ajudar com algum preparativo, o estagiário se dirige ao ponto em que o concreto será lançado para acompanhar o lançamento do concreto. Em paralelo, acompanha o status de envio dos caminhões, consultando o operador de despacho, o líder da central ou através de aplicativo que rastreia os caminhões, desenvolvido pelo fornecedor. Para controlar o tempo de utilização dos caminhões, ele questiona ao moldador o horário de mistura de cada caminhão que chega à obra.

Em algumas obras o acompanhamento do lançamento é feito pelo mestre de obra, enquanto o estagiário fica focado em supervisionar o recebimento dos caminhões, além de acompanhar o envio dos caminhões e fazer a comunicação com o fornecedor.

– **Pessoas envolvidas**

- Estagiário de obra: participa do controle de recebimento e acompanha o moldador de controle tecnológico;
- Engenheiro de obra: supervisiona e aprova o controle de recebimento;
- Mestre de obra (em alguns casos): auxilia o estagiário no controle de recebimento.
- Almoxarife: auxilia o estagiário no controle de recebimento.

– **Interação com outros agentes**

- Moldador do laboratório de controle tecnológico: controla as informações e horários dos caminhões e faz a medição do slump.

– **Principais problemas**

- Mistura da ordem de lançamento dos caminhões que chegam pelo laboratorista;

- Caminhões que atrasam, mesmo a obra tendo feito a programação com o prazo correto e estar com fôrmas e armação prontas para receber o concreto;
- Caminhões que chegam antes do horário programado;
- Caminhões que chegam antes da bomba;
- A obra se sente enganada quando liga para o operador de despacho, são informados que o caminhão está a caminho e ainda assim demora. Sentem que precisam envolver a área do comercial e aumentar a gravidade da situação para serem atendidos;
- Caminhões que chegam com slump fora da especificação. Nesses casos, existem duas possibilidades e formas de atuação diferentes: slump maior que o solicitado e slump menor que o solicitado;
 - Slump maior que o solicitado:
 - Se o resultado da medição do slump do concreto resultar maior que o solicitado e fora do limite de aceitação, descartar as amostras coletadas e misturar o concreto no caminhão por mais 10 minutos;
 - Coletar nova amostra em uma jérica e realizar novamente o ensaio de abatimento com acompanhamento obrigatório do estagiário;
 - Se o slump do segundo ensaio resultar superior ao solicitado, descartar a amostra, rejeitar o caminhão, registrar na ficha de controle o número da nota fiscal e o motivo da devolução e formalizar com o setor de despacho por telefone e e-mail;
 - Se o slump do segundo ensaio resultar adequado, liberar o lançamento e, se possível, aproveitar a amostra na bomba ou caçamba;
 - Slump menor que o solicitado:
 - Se o resultado da medição do slump do concreto resultar menor que o solicitado e fora do limite de aceitação, verificar se é possível adicionar água ao concreto com base nas informações contidas na nota fiscal e fichas do motorista (água de corte e adições de água na obra e central);
 - Se faltar alguma dessas informações e o motorista não souber informar, rejeitar o caminhão;
 - Se, pela análise dessas informações, verificar-se que não é possível adicionar mais água ao concreto, rejeitar o caminhão;

- No entanto, se for possível adicionar mais água, liberar a adição de água dentro do limite permitido e bater o concreto por 10 minutos;
 - Coletar nova amostra em uma jericá e realizar novamente o ensaio de abatimento com acompanhamento obrigatório do estagiário;
 - Se o slump do segundo ensaio resultar inferior ao solicitado, descartar a amostra, rejeitar o caminhão, registrar na ficha de controle o número da nota fiscal e o motivo da devolução e formalizar com o setor de programação e despacho por telefone e e-mail;
 - Se o slump do segundo ensaio resultar adequado, liberar o lançamento e, se possível, aproveitar a amostra na bomba ou caçamba;
- Operador de bomba e equipe de concretagem preferem o concreto no limite superior da faixa de slump solicitada para facilitar o bombeamento e o espalhamento do concreto.
- **Impacto da atividade / problemas na produtividade**
- Às vezes a obra está programando terminar a concretagem cedo para já iniciar algum outro serviço. Porém, se concretagem avançar até tarde, precisam postergar o serviço planejado para o dia seguinte;
 - Se os caminhões betoneira chegam na velocidade programada, a equipe de estrutura fica motivada para finalizar o serviço. Se atrasa, a equipe fica insatisfeita e, inclusive, cai a qualidade do serviço. Se tem muita quebra de ritmo do serviço pelo intervalo de espera dos caminhões, a equipe da concretagem acaba reduzindo o ritmo da concretagem;
 - Se os caminhões atrasam muito, alguns funcionários chegam a ir embora e a concretagem demora mais ainda. Precisa de negociação com mestre e engenheiro;
 - Atrasos recorrentes geram insatisfação da equipe;
 - Caminhões que chegam antes do horário programado correm o risco de vencer caso a obra ainda não esteja pronta para descarrega-lo, fazendo com que tenha que aguardar a chegada do próximo;

- Caminhões que chegam antes da bomba correm o risco de vencer devido ao menor tempo que a obra tem para bombeá-los, fazendo com que tenha que aguardar a chegada do próximo;
- Alterar a ordem de lançamento dos caminhões pode fazer com que o caminhão que foi deixado para depois vença, fazendo com que tenha que aguardar a chegada do próximo;
- A medição do slump é obrigatória, mas as medições posteriores para se corrigir o valor obtido ou aumentá-lo para o limite superior da faixa solicitada levam um tempo considerável, aproximadamente quinze minutos por medição e reduzem a produtividade da concretagem;
- Ter que rejeitar um caminhão por conta do slump pode prejudicar muito a concretagem. É necessário esperar o próximo chegar e a equipe fica parada. A equipe de concretagem fica insatisfeita e solicita mais medições para não ficar sem concreto.

– **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

- Quanto mais medições de slump forem necessárias, mais concreto – que seria lançado na estrutura – é consumido para a medição do slump. Um tronco de cone precisa de cerca de 5,5L de concreto, mas, em geral, pega-se uma jerrica cheia como amostra que acaba sobrando e não é reaproveitada.

23. Fornecedor: Controle de aceitação; Construtora: Controle de aceitação

a) Fornecedor

– **Atividades**

O controle de aceitação do concreto fornecido pelo fornecedor contempla a moldagem de corpos de prova pelos motoristas nas obras para avaliação da resistência a compressão em laboratório do próprio fornecedor. Cada corpo de prova tem uma identificação para que seu resultado seja relacionado ao traço fornecido, assim o fornecedor consegue fazer uma análise de resistência de cada um de seus traços e da eficácia de cada central em entregar a resistência solicitada e o desvio padrão da sua produção.

A norma ABNT NBR 7212 (2012) determina uma frequência mínima para a moldagem de corpos de prova por traço de 50m³. Contudo, a meta do fornecedor é manter uma taxa de moldagem a cada 20m³ fornecidos.

Os corpos de prova moldados pelos motoristas ficam armazenados na obra e são coletados entre 1 ou 2 dias depois da moldagem e são levados para o laboratório do fornecedor onde permanecem curando até o rompimento aos 28 dias.

– **Pessoas envolvidas**

- Motorista de caminhão (área de operação): moldam os corpos de prova do concreto;
- Área de tecnologia: ensaiam os corpos de prova e geram indicadores de qualidade dos traços fornecidos.

– **Principais problemas**

Falta de condições de armazenamento adequado na obra para os corpos de prova moldados pelo motorista. Se os corpos de prova não são armazenados corretamente, ficam expostos ao sol, sofrem impacto, e podem ter seu resultado de resistência prejudicado. Como o fornecedor se baseia nesses resultados para controlar a dosagem dos traços e, conseqüentemente, o custo dos mesmos, não cuidar dos corpos de prova pode fazer com que o fornecedor aumente a resistência do concreto desnecessariamente e repasse esse custo aos clientes.

b) Construtora

– **Atividades**

O controle de aceitação do concreto envolve os ensaios feitos no concreto no estado endurecido (moldagem de corpos de prova para determinação da resistência à compressão axial de corpos de prova e do módulo de rigidez, conforme determinações do projeto estrutural).

A moldagem dos corpos de prova é feita pelo moldador do laboratório de controle tecnológico contrato, seguindo as seguintes etapas:

- Após a aprovação do slump na etapa anterior e início da descarga, coletar amostras de concreto de todos os caminhões para moldagem de corpos de prova. Os corpos de prova ficam armazenados na obra e são recolhidos entre 1 e 2 dias depois da moldagem para serem levados ao laboratório de controle tecnológico onde ficarão em cura até atingir os 28 dias;
- Registrar na ficha de controle de recebimento do concreto, complementando as informações já registradas no recebimento:
 - Número de corpos de prova moldados;
 - O horário de início e término do descarregamento de cada caminhão;
 - Seu nome completo e assinatura para rastreabilidade do preenchimento.

Geralmente, o estagiário da obra o auxilia e fica responsável por:

- Conferir esporadicamente o trabalho do moldador;
- Garantir condições mínimas para a realização da moldagem dos corpos de prova: local coberto, isolado, nivelado, de fácil acesso e, de preferência, próximo ao ponto de descarregamento do caminhão e com indicação para diferenciação dos CPs do laboratório de controle tecnológico daqueles moldados pelo motorista do caminhão;
- Passar ao moldador a identificação dos elementos que serão concretados;
- Realizar a rastreabilidade do concreto:
 - Passar a identificação dos elementos concretados ao moldador;
 - Mapear o local de lançamento do concreto de cada caminhão betoneira, com uso de plantas e croquis, registrando o número do caminhão betoneira e da nota fiscal, informados pelo moldador;
- Arquivar as notas fiscais de todos os caminhões e o mapeamento junto às fichas de controle;
- Conferir toda documentação e coletar a assinatura do engenheiro nas fichas de controle de recebimento do concreto, do laboratório e da construtora, preenchidas pelo moldador.

– **Pessoas envolvidas**

- Moldador de controle tecnológico: moldam os corpos de prova do concreto;
- Estagiário de obra: disponibilizam local adequado e acompanham o trabalho do moldador;
- Engenheiro de obra: supervisiona e aprova as fichas de controle de recebimento do concreto com indicação do número de moldagens.

– **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

- Volume de concreto necessário para a moldagem dos CPs (aproximadamente 1,56L por CP), representa cerca de 0,06% do volume de concreto de um caminhão betoneira de 8L, considerando-se 3 CPs por caminhão.

24. Fornecedor: Descarregamento e Bombeamento; Concreteira: Descarregamento e Bombeamento

a) Fornecedor

– **Atividades**

Após o preparo da bomba, o operador fica responsável por controlar a pressão de bombeamento e a velocidade de bombeamento para atender à demanda da equipe de concretagem e não deixar acumular muito concreto não espalhado no elemento. Os ajudantes auxiliam a equipe de concretagem nas movimentações da tubulação flexível no trecho final da tubulação e mudam trechos da tubulação fixa, conforme a concretagem avança, para alcançar outros elementos ou regiões do trecho concretado.

As movimentações e velocidade de bombeamento dependem do modelo de bomba solicitado.

– **Pessoas envolvidas**

- Operador de bomba (área de serviço de bombeamento);
- Ajudante de bomba (área de serviço de bombeamento).

– **Interação com a construtora**

Interação com o estagiário ou mestre sobre necessidade de acelerar, desacelerar ou pausar o bombeamento de concreto em função da velocidade de lançamento pela equipe ou mudança de posição.

– **Principais problemas**

- Slumps entre 8cm e 12cm são os mais relacionados a problema. Acreditam que por mal uso da tabela de relação de comprimento horizontal e vertical, pois as distâncias são consideradas para tubulações com apenas uma curva;
- Entupimento de tubulação. Pode acontecer por:
 - Atraso longo entre caminhões com concreto bombeado. Para evitar o entupimento por intervalo entre caminhões, os operadores são instruídos a contatar o fiscal da bomba, no caso de intervalos superiores a 30 minutos, sobre a necessidade de dar retorno na bomba e esvaziar a tubulação ou não. O fiscal entra em contato com o setor de despacho e pede prioridade para não precisar dar retorno na tubulação;
 - Demora para bombear o concreto de um caminhão e ele vencer dentro da tubulação, enquanto o próximo se prepara para iniciar o descarregamento;
 - Resíduos, pedaços de material, normalmente restos de armação ou madeira, que caem dentro da tubulação. Procuram evitar esse problema instruindo os ajudantes da equipe de bomba e a própria obra para que tampem a saída da tubulação de uma concretagem para a outra, além de o fiscal checar se a tubulação está protegida no dia anterior ao da concretagem;
- Vazamento de concreto pela tubulação. Pode acontecer por:
 - Conexões malfeitas, pouco firmes ou com uso do abraçador errado;
 - Travamento da tubulação mal feito;
 - Pressão excessiva por slump mal especificado associado a travamento ou conexão malfeita;
- Estouro de tubulação. Podem acontecer por:

- Restrições ou entupimentos da tubulação e tentativa dos motoristas de vencê-los aumentando a pressão de bombeamento associado a tubulações gastas;
- Pressão excessiva por slump mal especificado associado a tubulações gastas;
- Tubulações gastas;
- Quebra de bomba. Podem acontecer por:
 - Por pressão de bombeamento além da recomendável, devido a bombeamento com slump de concreto fora da especificação indicada para a distância horizontal e vertical em execução;
 - Desgaste do equipamento;
 - Torrões de concreto que não foram bem misturados.
- **Impacto da atividade / problemas na produtividade**
 - Mudanças na tubulação fixa e flexível podem ocorrer durante intervalo entre caminhões ou durante a descarga de um caminhão, obrigando o operador da bomba a pausar o envio de concreto;
 - Entupimento:
 - Se precisarem dar retorno no concreto da tubulação por atraso do próximo caminhão, precisam remover todo o concreto, misturar novamente a nata de cimento e bombeá-la para então recomençar a concretagem quando o próximo caminhão chegar;
 - Risco de acidente devido a pressa dos envolvidos em tentar resolver o problema. Procuram instruir os funcionários a terem calma nessas horas e seguir medidas de segurança;
 - Existem entupimentos que são resolvidos rapidamente, dando retorno na tubulação para que o trecho entupido do concreto se misture com o trecho abaixo e flua pela bomba;
 - Existem entupimentos que precisam ser identificados na tubulação, para que sejam removidos e a obstrução seja tirada, podendo ser instalada novamente e o bombeamento recomençado;

- Se a liberação da obstrução demorar muito, o concreto pode vencer dentro da tubulação e obrigar o operador da bomba a dar retorno na tubulação, remover todo o concreto, misturar novamente a nata de cimento e bombeá-la para então recomeçar a concretagem;
- Se o concreto vence e não conseguem removê-lo dando retorno na bomba, precisam substituir todos os tubos com concreto, levando de 1 a 2 dias para remontar a tubulação.
- Vazamento:
 - Precisam dar retorno na bomba para esvaziar o trecho com vazamento e refazer a conexão entre as tubulações. Não chegam a ser tão demorados.
- Estouro de tubulação:
 - Precisam dar retorno na bomba para esvaziar o trecho com tubo furado e substituir o tubo por um trecho novo (a equipe de bomba já leva tubos reservas para as obras). Não chegam a ser tão demorados.
- Quebra de bomba – é o 2º principal problema, acontece em média 1 vez por mês:
 - Se tiverem peça de reposição junto às peças reservas que carregam com a bomba, o próprio operador consegue fazer o reparo. Não chega a ser tão demorado.
 - Se a peça de reposição precisar vir da central e chegar rápido, conseguem fazer o reparo sem precisar dar retorno na tubulação após o conserto;
 - Se a peça de reposição precisar vir da central e demorar, após o conserto, precisam dar retorno na tubulação, remover todo o concreto, misturar novamente a nata de cimento e bombeá-la para então recomeçar a concretagem;
 - Se a peça de reposição precisar vir da central e demorar, mas não conseguirem dar retorno no concreto após o conserto, precisam

substituir todos os tubos com concreto, levando de 1 a 2 dias para remontar a tubulação.

– **Impacto da atividade / problemas nas perdas:**

- Entupimento:
 - Perda de concreto no retorno da tubulação para desobstrução ou limpeza;
 - Perda de concreto do trecho com obstrução;
 - Perda do concreto da tubulação caso ele vença;
 - Perda de concreto dos caminhões que já estiverem na obra, caso a concretagem demore a reiniciar.
- Vazamento:
 - Perda de concreto no retorno da tubulação para correção do vazamento;
- Estouro de tubulação:
 - Perda de concreto no retorno da tubulação para substituição do trecho de tubo furado;
- Quebra de bomba:
 - Perda de concreto por retorno da tubulação;
 - Perda de concreto da tubulação caso ele vença;
 - Perda de concreto dos caminhões que já estiverem na obra, caso a concretagem demore a reiniciar. Para evitar isso, sempre que tem algum problema mais demorado com o bombeamento, o operador da bomba avisa o fiscal para pedir ao operador de despacho que não envie mais caminhões.

b) Construtora

– **Atividades**

Após a preparação da bomba, controle de recebimento e controle tecnológico, os caminhões descarregam o concreto que será transportado até o elemento estrutural. A forma de transporte e a opção pela bomba já foi definida na etapa de estudo logístico e programada com o fornecedor na etapa de programação.

Durante o transporte, o estagiário fica em contato direto com o operador da bomba para avisar sobre pausas, caso estejam com grande quantidade de concreto acumulada para ser espalhada ou tenham algum problema, e sobre solicitações da equipe de estrutura para acelerar a velocidade do bombeamento.

No caso de bomba estacionária, à medida que a concretagem avança, pode ser necessário mudar a posição de parte da tubulação para alcançar outros elementos ou trechos da concretagem, além da movimentação do trecho flexível conforme descrito na parte referente ao fornecedor.

– **Pessoas envolvidas**

- Equipe de concretagem: carpinteiros, sarrafeadores (no caso de lajes), armador (acompanhamento), eletricista (acompanhamento no caso de lajes);
- Moldador do laboratório de controle tecnológico;
- Estagiário de obra;
- Mestre de obra.

– **Interação com o fornecedor**

Quando tem problemas de bombeamento que resultam em vencimento de caminhão, registram por e-mail o ocorrido e informam o fornecedor para que não haja cobrança pelos caminhões que venceram.

Quando tem problema com bombeamento ou alguma dificuldade no bombeamento relatada pelo operador, solicitam uma reunião com o fiscal de bomba para entender o motivo do problema e evitar novas ocorrências.

– **Principais problemas**

- Estouro de tubulação, vazamento pela tubulação, entupimento da tubulação e quebra de bomba (ver trecho do fornecedor);

- Concreto que perde fluidez (slump diminui) durante a descarga do caminhão. A equipe de concretagem e o operador solicitam ao moldador do controle tecnológico que seja adicionada água para elevação do slump, porém, visto que a determinação do volume adicionado seria por estimativa visual, essa adição é arriscada e não recomendada;
- Mudança de slump por alerta do operador de bomba ou por problemas durante o bombeamento. Quando se baseiam apenas na relação de especificação de slump do fornecedor para bombeamento de concreto, correm o risco de ter problemas no bombeamento e preferem envolver o fiscal. Existe uma faixa de comprimento vertical e horizontal para a qual cada faixa de slump é indicada. O limite superior do comprimento vertical e horizontal com o limite inferior do slump é o ponto de maior risco. Soma-se a isso o fato de a obra preferir utilizar o menor slump necessário para economizar no custo do concreto e de a relação de comprimentos ser válida para tubulações com até 1 curva. Ou seja, ao ter mais curvas e utilizar o slump mínimo, a obra corre o risco de ter problemas no bombeamento;
- Fornecedores não se preocupam com a especificação correta do slump e possibilidade de alteração no momento do fechamento do contrato. Para a construtora, se não é feito com precisão nessa etapa, gera adições de verba para a obra que precisam ser justificadas e aprovadas pela diretoria.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- Estouro de tubulação, vazamento pela tubulação, entupimento da tubulação e quebra de bomba (ver trecho do fornecedor);
- Existem operadores de bomba que bombeiam mais rápido e outros mais devagar. A obra prefere seguir a recomendação do operador do que manter uma velocidade de bombeamento constantemente alta e ter risco de dar algum problema.

– **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

Estouro de tubulação, vazamento pela tubulação, entupimento da tubulação e quebra de bomba (ver trecho do fornecedor).

25. Fornecedor: Não participa desta etapa; Construtora: Aplicação do concreto**a) Fornecedor****– Principais problemas:**

Desvios de uso do concreto que não são controlados pela obra e depois acusam o fornecedor de terem entregado volume a menos.

b) Construtora**– Atividades**

Durante a aplicação do concreto, a equipe da obra (engenheiro, mestre e estagiário):

- Controla a altura máxima de lançamento do concreto para que ele não desagregue;
- Confere a limpeza da fôrma;
- Acompanha o adensamento do concreto;
- Confere o nivelamento e acabamento do concreto (lajes e vigas), feito também pela empresa responsável pelo acabamento da laje;
- Confere a espessura da laje junto com o mestre de obra;
- Controla eventuais deformações na fôrma;
- Controla estabilidade do cimbramento e escoramento;
- Corrige eventuais desvios na armação ou instalações durante a concretagem;
- Corrige a existência de vazamentos de concreto;
- Controla o tempo de vencimento do concreto;
- Avalia visualmente a trabalhabilidade do concreto;
- Inicia a cura do concreto com água.

Ao final da aplicação, o estagiário contabiliza o valor nominal de todo o concreto recebido, registrado pelo moldador do controle tecnológico na ficha de controle de recebimento, e compara com o valor teórico levantado de projeto para obter o índice de perda.

Caso tenham índice maior que 3%, o engenheiro procura entender com a equipe no dia seguinte o que houve. Percorre todo o caminho do concreto da obra para ver se teve alguma perda, checa se tiveram que dar algum retorno durante a aplicação, se houve algum desvio de concreto para outra finalidade dentro da obra, checam as dimensões dos elementos estruturais, fazem furos na laje. Se não conseguirem identificar o motivo, envolvem o fornecedor.

A área de orçamento faz auditorias periódicas nas obras para análise e controle dos índices de perda. Caso o índice esteja dentro do valor considerado em orçamento, não tomam nenhuma ação. Se estiver maior, buscam entender com o engenheiro o motivo para evitar que o custo com concreto supere o valor disponibilizado em orçamento e tenham que fazer uma adição de verba para a obra.

– **Pessoas envolvidas**

- Equipe de concretagem: carpinteiro, sarrafeador, armador e eletricista (no caso de lajes);
- Engenharia de obra: acompanha o andamento da aplicação;
- Mestre de obra: controla as formas e dimensões dos elementos estruturais durante a concretagem.
- Estagiário: controla as formas e dimensões dos elementos estruturais durante a concretagem.

– **Principais problemas**

- Obra preenche errado a ficha de controle de recebimento de concreto e erra no cálculo do índice de perda de concreto;
- Chuvas fortes;
- Desconfiança de terem recebido menos concreto do que o solicitado;
- Caminhões que atrasam e chegam no horário do almoço;
- Concretagens que avançam até tarde;
- Possíveis falhas no sistema de fôrma:
 - Fôrma desgastada – maior dificuldade de nivelamento e alinhamento, além de possuir aberturas;

- Falta de remendo metálico para fechar frestas das últimas repetições do jogo de fôrma;
- Encontro entre painéis de assoalho mal alinhado;
- Suporte e travamento das formas mal feito com deformação e aumento das dimensões dos elementos;
- Furo para lavagem de viga que não são tampados;
- Falta de contra-flecha em grandes panos de assoalho;
- Dificuldade de acompanhar à concretagens de laje por cima e por baixo;
- Desvios no nivelamento dos pilares e aumento do pé-direto do pavimento;
- Desvios propositais por insatisfação da equipe;
- Falta de tempo para finalizar conferência das fôrmas, suporte e escoramentos devido a outros serviços;
- Retardo no tempo de pega do concreto.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- Chuva forte:
 - Precisam pausar a concretagem;
 - Prejudica o acabamento da laje e pode exigir retrabalho no mesmo dia ou no dia seguinte;
- Concretagem que acaba tarde:
 - Funcionários insatisfeitos e desmotivados (não sabem a hora que irão para casa, não conseguem se planejar);
 - Piora na qualidade do lançamento e acabamento por insatisfação e ansiedade dos funcionários em ir embora, podendo ter retrabalho no dia seguinte;
 - Impossibilidade de dar acabamento com alisadora (“helicóptero”) na laje, gerando retrabalho no dia seguinte;
 - Piora no nivelamento e controle de espessura da laje;
 - Funcionários entram mais tarde no dia seguinte, atrasando as outras etapas do ciclo;

- Falta de alguns funcionários no dia seguinte, atrasando as outras etapas do ciclo;
 - Risco de reclamações da vizinhança por barulho;
 - Risco de paralisação por reclamação, além de não ter terminalidade no serviço, podendo ter retrabalho no dia seguinte;
 - Custos extras com mão-de-obra: adicional noturno de concretagem, moldador, carpinteiro, armador, eletricista, acabamento, almoxarife, estagiário, mestre, engenheiro, porteiro da obra, além de custos com comida.
 - Risco de concreto não dar pega durante a noite por conta da temperatura inferior, atrasando as outras etapas do ciclo.
- Retardo de pega no concreto:
 - Impossibilidade de dar acabamento com alisadora (“helicóptero”) na laje, gerando retrabalho no dia seguinte;
 - Piora a qualidade do acabamento, podendo gerar retrabalho no dia seguinte;
 - Atrasa as outras etapas do ciclo no dia seguinte.
- **Impacto da atividade / problemas nas perdas**
- O índice de perda de novos orçamentos se baseia no índice de perda histórico da construtora. Se as obras preencherem errado as fichas de controle de recebimento de concreto e calcularem errado o índice de perda, podem penalizar o orçamento das próximas obras;
 - Desconfiança de ter recebido volume a menos de concreto:
 - Influencia no cálculo do índice de perda e gestão sobre o concreto. Se não se sabe quanto concreto chegou, difícil saber se o consumo foi eficiente e se há desvios na estrutura;
 - Envolvem o fornecedor, fazem medições na laje, reuniões, mas não chegam à um consenso;
 - Concretagens que acabam tarde e geram piora na qualidade do lançamento e acabamento por insatisfação e ansiedade dos funcionários em ir embora ou por

impossibilidade de dar acabamento com alisadora (“helicóptero”) na laje, aumentando a perda incorporada de concreto;

- Falhas no sistema de fôrmas:
 - Aumento da perda incorporada de concreto.

26. Fornecedor: Retorno do caminhão à central; Construtora: Não participa desta etapa

a) Fornecedor

– Atividades

Antes de sair da obra, os motoristas são instruídos a lavar as rodas dos pneus dos caminhões para não sujarem a via e a jogar água no balão do caminhão para que eventuais restos de concreto não sequem e fiquem presos no balão.

Os motoristas, ao chegarem na central:

- Se não estiverem com sobra de concreto, vão direto para a força para lavagem do balão e remoção de incrustações ou restos de nata de cimento (Ponto 6 – Figura B3), para, então, retornarem à fila do ponto de carga (Ponto 7 – Figura B3);
- Se estiverem com resto de concreto, descartam no pátio das baias de agregados para endurecimento e posterior britagem. Depois se direcionam à força para finalizar a lavagem do balão do caminhão e, então, retornam à fila do ponto de carga.

Depois da lavagem o motorista retorna à fila de caminhões no pátio para carregar a próxima carga de concreto.

O material que sobra dos caminhões tem dois possíveis destinos:

- Serem revendidos como brita, incidindo em custo com transporte, britagem e gerenciamento da venda;
- Serem destinados a áreas de transbordo e triagem (ATT), incidindo em custo do transporte e destinação final.

- **Pessoas envolvidas**

- Motorista de caminhão (área de operações);
- Operador de bomba (área de serviço de bombeamento).

- **Principais problemas**

Em todo o final de concretagem recebem sobra de concreto dos caminhões. Estimam que as obras peçam entre 3% a 5% a mais de concreto do que o necessário e cerca de 1% do volume total fornecido retorna para a central. A solicitação a mais ocorre por: imprecisão geométrica da fôrma (perda incorporada), desperdícios e desvios e pela dificuldade em determinar a quantidade real de concreto que vem em cada caminhão.

- **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

Custos com descarte para britagem e reciclagem ou de envio a áreas de deposição final.

b) Construtora

- **Principais problemas**

- Caminhões que não lavam os pneus antes de sair da obra, sujam a via e fazem com que a obra leve multa da companhia reguladora de tráfego;
- Desconfiança de caminhões que retornam à central sem terem descarregado todo o volume de concreto do balão.

- **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

- Motoristas que vão embora da obra sem ter descarregado todo o volume de concreto:
 - Aumenta o índice de perda calculado pela obra pois fazem com que seja necessário pedir um volume de concreto no caminhão de complemento.

27. Fornecedor: Desmontagem e limpeza da tubulação e bomba; Construtora: Desmontagem e limpeza da tubulação e bomba

a) Fornecedor

– Atividades

Terminado o bombeamento, inicia a etapa de desmontagem e limpeza da bomba. Uma bola de espuma mais larga do que a tubulação é colocada na extremidade de lançamento do concreto e então acionam a bomba no sentido contrário ao da concretagem. Se necessário, jogam água junto com a bola para aprimorar a limpeza.

Durante essa atividade, algumas obras montam caixotes ao redor do colcho da bomba para aproveitar o concreto do retorno. Estimam que o caixote tenha 300L de volume e cada trecho de tubulação 33L.

– Pessoas envolvidas

- Operador da bomba (área de serviço de bombeamento);
- Ajudantes de bomba (área de serviço de bombeamento).

b) Construtora

– Atividades

- Auxiliam na remoção do travamento da tubulação;
- Auxiliam no descarte ou aproveitamento do concreto do retorno da bomba.

– Pessoas envolvidas

- Equipe de carpintaria.

– Principais problemas

Dificuldade em aproveitar o resto do concreto da tubulação, geralmente está vencido e precisa ser para fins não estruturais e mesmo quando conseguem aproveitar em pequenos elementos pré-moldados, perdem grande parte do volume.

– **Impacto da atividade / problemas nas perdas**

O concreto que sobra na tubulação é contabilizado como desperdício.

28. Fornecedor: Cobrança e faturamento; Concreteira: Pagamento

a) Fornecedor

– **Atividades**

O ciclo de pagamento do concreto é definido com base no dia da concretagem:

- Dia D (da concretagem): envio da nota fiscal física de simples remessa (não tem valor de cobrança) em duas vias ao cliente junto com os caminhões betoneira. Uma fica com o cliente e a outra retorna assinada;
- Dia D+2: envio por e-mail do extrato do fornecimento ao cliente com indicação de cada nota fiscal, seu volume, traço e custo além de cobranças adicionais por adicional noturno, por taxa de bombeamento e por eventuais vencimentos ou sobra de caminhão. A obra deve avaliar esse extrato e informar à área comercial se há desvios ou cobranças indevidas para que sejam corrigidos antes da emissão da nota fiscal e boleto para pagamento;
- Dia D+5: envio por e-mail da nota fiscal e boleto com o valor do extrato e prazo para pagamento conforme combinado na contratação, contado a partir do envio do extrato do fornecimento.

– **Pessoas envolvidas**

- Área comercial

– **Principais problemas**

- Atraso de pagamento, pontuais ou por falhas, geralmente acontecem porque:
 - Às vezes a obra acaba esquecendo de pagar uma das notas de uma concretagem;
 - Atrasos no processo de pagamento da construtora;

- Atrasos no processo de regularização de cobranças indevidas do fornecedor;
- O fornecedor não desconta uma cobrança indevida por caminhão devolvido pela obra, a obra não percebe no momento em que recebe o extrato do fornecimento e questiona após a nota fiscal e o boleto de cobrança terem sido emitidos;
- Cobranças por caminhões vencidos ou adicionais noturno de concretagens cujas responsabilidades não foram acordadas entre construtora e fornecedor. A área comercial fica responsável por consultar os envolvidos de ambos os lados, resgatar as gravações telefônicas da conversa da obra com o setor de programação e despacho e os e-mails trocados para entender como tratar a questão. Existem casos em que a obra é a responsável e casos em que o fornecedor é o responsável. Procuram dividir os custos de forma justa.

b) Construtora

– Atividades

Após a concretagem, a obra recebe um extrato via e-mail com a indicação do volume de todos os caminhões recebidos e o custo da concretagem, considerando o valor dos traços e outras taxas (bombeamento, adicional noturno, por metro cúbico devolvido) os quais são confrontados com as notas fiscais recebidas na concretagem pelo engenheiro ou estagiário. Se o extrato estiver de acordo com as notas fiscais recebidas e valor cobrado pelo concreto estiver de acordo com o estabelecido em contrato, o estagiário então envia um e-mail para o fornecedor dizendo que o extrato está correto e que a nota fiscal e boleto para pagamento dos caminhões podem ser emitidos e enviados. A área administrativa fica responsável por dar andamento no pagamento e a área de orçamento monitora os gastos.

– Pessoas envolvidas

- Estagiário de obra: separa as notas fiscais do concreto entregue;
- Engenheiro de obra: aprova e confere o pedido de pagamento;
- Área administrativa: gera o pedido de pagamento;

- Área de orçamento: monitora os gastos da obra.

– **Principais problemas**

- Necessidade de adições de verba não previstas por aumento de slump ou perdas de concreto altas podem atrasar o pagamento do concreto e resultar em bloqueio do fornecimento;
- Datas não padronizadas para pagamento, variam em função do dia em que a concretagem ocorreu;
- Receber cobrança no extrato por caminhões que foram rejeitados pela obra por slump fora de especificação, apesar de registrar na nota e informar o fornecedor por telefone e e-mail;
- Atraso de pagamento pela construtora devido à perda de nota fiscal ou demora no processo interno da construtora que podem resultar em bloqueio do fornecimento de concreto.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

- Falta de padronização da data de pagamento atrapalham a execução de outras atividades pela obra e pela área administrativa da construtora pois sempre que as notas e boletos chegam, precisam parar o que estão fazendo para dar seguimento no pagamento;
- No caso de cobranças indevidas, devido ao prazo para pagamento e tempo para regularização da cobrança, a obra é instruída pelo fornecedor a efetuar o pagamento, tendo o valor indevido descontado na próxima concretagem. Nesses casos, há dois problemas principais que podem ocorrer:

- Quando a obra se recusa a pagar, por entender que o erro tenha sido do fornecedor:
 - O prazo para pagamento do boleto vence e a obra tem seu fornecimento bloqueado até a regularização da situação;
 - A obra só fica sabendo que está bloqueada próximo à concretagem, prejudicando seu cronograma;

- Precisam envolver a área de suprimento, gerência de obra para conversar com a área comercial do fornecedor e tentar regularizar a situação, gerando desgaste.
- Quando a obra paga:
 - O valor demora até ser descontado, o engenheiro precisa ficar cobrando, envolver a área de suprimento, gerar um desgaste até conseguirem regularizar a situação;
 - Atraso de pagamento pode gerar protesto por parte do fornecedor e bloqueio do fornecimento de concreto, podendo adiar a data prevista para concretagem até a regularização da situação.

29. Fornecedor: Constatação da resistência; Construtora: Constatação da resistência

a) Fornecedor

– Atividades

Quando os corpos de prova moldados pelos motoristas atingem a idade prescrita para sua avaliação, são removidos da câmara úmida, passam pelo processo de capeamento e, então, são destinados às prensas para rompimento, no laboratório do fornecedor de concreto.

Através da identificação dos corpos de prova e dos vários resultados gerados diariamente, conseguem elaborar indicadores como:

- Fcm (média) aos 7 dias por traço e por central;
- Fcm (média) aos 28 dias por traço e por central;
- Fck aos 28 dias por traço e por central;
- Desvio padrão por traço e por central;
- Consumo de cimento por resistência (kg/Mpa) por traço e por central;
- Metro cúbico de concreto fornecido por moldagem de corpo de prova realizada;
- Número de ocorrências de baixa resistência por traço e por central.

Fazem reuniões semanais de análise desses indicadores para agirem proativamente no caso de identificarem algum desvio.

Para confiabilidade dos resultados, que interferem diretamente na eficiência do fornecimento de concreto, controlam a velocidade das prensas, a qualidade do capeamento e avaliam o desvio técnico (diferença de resistência entre os dois corpos de prova moldados pelo motorista), que permite identificar falhas no processo do laboratório ou na moldagem do motorista.

– **Pessoas envolvidas**

- Área de tecnologia;
- Área comercial: no caso de resultados de baixa resistência;
- Área de automação: no caso de resultados de baixa resistência para checar desvios na dosagem.

– **Principais problemas**

- Resultados de baixa resistência do concreto.

b) Construtora

– **Atividades**

Recebem os laudos do controle tecnológico cerca de 2 a 3 dias depois de os corpos de prova completarem 7 e 28 dias de idade.

Aos 7 dias:

- Se a resistência for inferior a 65% do fck, informam o fornecedor;
- Se a resistência for inferior a 50% do fck, informam o fornecedor e o projetista.

Aos 28 dias:

- Se a resistência for inferior ao fck, informam o fornecedor, o projetista, a gerência e diretoria de obra;
- Se o projetista solicitar extração, informam o fornecedor e a realizam;
- Se o projetista solicitar reforço, o custo da extração e do reforço são arcados pelo fornecedor;
- Os documentos de controle e aceitação de todo o processo são arquivados.

Área da qualidade faz auditorias periódicas para controlar o correto preenchimento das fichas de controle de recebimento, para garantir a rastreabilidade dos resultados de resistência e acompanhar as tratativas dada pela obra.

– **Principais problemas**

- Necessidade de extração;
- Necessidade de reforço;
- Fornecedor não tem resultado de todos os caminhões fornecidos.

– **Impacto da atividade / problemas na produtividade**

A necessidade de extrações ou reforço pode paralisar o andamento da obra, impactando nas concretagens seguintes de um edifício.

APÊNDICE C – ANÁLISE DOS CONTRATOS

1. Objetivo

Avaliar como são tratadas questões relativas à produtividade e perdas das concretagens nos contratos do fornecedor e da construtora, se são previstas multas ou prêmios – e em quais casos – e se há equilíbrio e clareza nas responsabilidades das partes.

2. Contexto

Modelos de documentos utilizados durante a contratação de serviços de concretagem pelas empresas, obtidos com a área de suprimentos da construtora e área comercial do fornecedor.

3. Resultados das análises

a) Construtora

– Modelo de contrato de prestação de serviço de concretagem

Documento com 47 artigos, sendo que 14 deles tratam de produtividade, perdas de concreto ou de ambos indiretamente. Notou-se que a maioria deles abordavam esses temas de forma aberta, sem parâmetros claros de avaliação da produtividade e perdas, possivelmente por se tratar de um documento padrão e ser difícil abordar questões válidas a todas as obras.

De forma resumida, os artigos que tratam, ainda que indiretamente, desses temas determinam:

- Realização de programação com antecedência pela obra;
- Acesso adequado dos caminhões aos pontos de descarga assegurado pela obra;
- A cobrança de horas extras pelo fornecedor após às 18h em dias de semana, após as 14h de sábado e em domingos e feriados, com um volume mínimo a ser fornecido;

- Prestação de serviço de qualidade pelo fornecedor com disponibilização do número de caminhões, equipamentos, ferramentas em bom estado e número de funcionários qualificados para tal;
- A vistoria da obra pelo fornecedor antes do início das concretagens;
- A ciência por parte do fornecedor da demanda de concreto da obra ao longo do contrato;
- O compromisso por parte do fornecedor de participar das reuniões solicitadas pela obra.

Não há definição do que seria um acesso adequado e nem do que seria um serviço de qualidade para que tanto o fornecedor quanto a construtora cobrem por eles. Acredita-se que essas questões sejam avaliadas subjetivamente no decorrer da obra, mas o estabelecimento de alguns parâmetros poderia auxiliar e já antecipar algumas dificuldades.

– **Anexo I – Planilha de medição**

Na planilha de medições, que possui 14 artigos, 6 deles tratam de produtividade, perdas ou ambos, indiretamente. Esse documento é complementar ao modelo de contrato e estabelece alguns parâmetros de controle, tendo 3 artigos específicos e 3 abertos.

Os parâmetros podem variar de obra para obra, são eles:

- O valor de multa por atraso na entrega de caminhões – mas não estabelece o que é considerado atraso e como medi-lo;
- Volume mínimo de entrega;
- Intervalo mínimo de carregamento entre cada caminhão;
- Antecedência mínima para programação;
- Antecedência mínima para cancelamento de concretagem – mas não diz o que acontece se a antecedência não for respeitada.

O documento também prevê a possibilidade de controle do volume de concreto entregue em cada caminhão pela obra em balança rodoviária e a comunicação ao fornecedor em até 24 horas para ressarcimento no caso de falta de volume. Contudo, não diz se há algum critério aceitável de variação do volume

entregue por caminhão e nem o que fazer caso se identifique que foi enviado mais concreto do que o solicitado.

– **Anexo II – Condições técnicas**

Esse documento contém 25 artigos que tratam principalmente da qualidade do concreto, mas 5 deles – a maioria específicos – tratam indiretamente das perdas de concreto. De forma resumida, são eles:

- Compromisso do fornecedor em enviar cópia do relatório de aferição das balanças da central a cada 10.000m³ de concreto fornecido ou a cada 90 dias, o menor intervalo entre eles;
- Reforça o item apresentado no Anexo I sobre a possibilidade de a obra pesar os caminhões do fornecedor para controlar o volume de concreto entregue e estabelece que a pesagem será feita em balança com certificado de calibração por órgão regulador nacional;
- O compromisso do fornecedor em enviar caminhões lacrados à obra;
- O compromisso do fornecedor em permitir que representantes da construtora acompanhem o processo de pesagem e carregamento dos caminhões nas centrais.

Esse documento reforça a preocupação da construtora com a precisão das pesagens quanto à qualidade e volume fornecido, mas também não estabelece parâmetros máximos de variação do volume fornecido e nem o que fazer quando a variação for para mais, embora introduza um cuidado a mais de se fazer o controle com balanças calibradas.

b) Fornecedor

– **Contrato de prestação de serviço de concretagem**

O documento possui 74 artigos, sendo 27 deles relacionados direta ou indiretamente à produtividade e perdas de concreto. Assim como no caso da construtora, a maioria dos artigos possuem textos abertos, com margem para dúvida.

De forma resumida, esses artigos tratam sobre:

- Obrigações da construtora quanto a: acesso seguro e satisfatório, sem especificar o critério; local para estacionamento dos caminhões betoneira, dentro ou fora do canteiro, mas em acordo com a legislação; local para limpeza dos caminhões antes de retornarem à central;
- O compromisso da construtora em realizar as programações conforme prazo definido na proposta comercial e ciência de que as programações serão gravadas para consultas futuras, se necessário;
- O compromisso da construtora em cancelar concretagens sem bomba com no mínimo 24h de antecedência do horário programado ou 48h caso seja com bomba. Caso os prazos não sejam atendidos há previsão de multa de 15% em cima do valor do concreto e da taxa de bombeamento;
- A possibilidade de o fornecedor cancelar o serviço de concretagem caso haja um atraso superior a 90 minutos contados a partir da chegada do primeiro caminhão betoneira ou bomba à obra, sendo cobrada a taxa de cancelamento;
- Prazo de até 90 minutos para o fornecedor retomar a sequência de carregamento caso a obra solicite interrupções dos serviços por um tempo igual ou superior a 30 minutos;
- Responsabilidade da construtora por concretos que não puderam ser descarregados por sua falha e por sobras não utilizadas para cobrir os custos da central de disposição regular do concreto;
- Obrigações do fornecedor quanto à qualidade do concreto, qualidade do serviço, segurança da operação, disponibilização de mão-de-obra suficiente e capacitada, e equipamentos e ferramentas necessários;
- Obrigações do fornecedor, quando solicitado, de fornecer equipamento, tubulação e mão-de-obra necessária para serviços de bombeamento, ficando a construtora responsável pelo escoramento da tubulação.

Neste documento também não há parâmetros para avaliar um acesso satisfatório, mas é dada uma atenção maior à programação e cancelamentos e aos atrasos e interrupções por parte da obra. Atrasos pelo fornecedor não são abordados explicitamente, apenas são responsáveis pela qualidade do serviço.

– **Proposta comercial**

É um documento mais específico, um resumo das definições acordadas quanto a preço por traço cadastrado, forma de pagamento e taxas por concretagem fora do horário comercial.

c) Avaliação geral

Tanto os documentos do fornecedor quanto da construtora possuem textos abertos que dão margem a interpretações e podem não auxiliar na solução de divergências que surjam entre as partes. As obrigações de cada parte são claras, mas poderiam ser mais detalhadas no que tange à produtividade e perdas de concreto, estabelecendo níveis de qualidade do fornecimento, tolerâncias de atraso de ambas as partes e volume de concreto entregue, além de formas isentas e acordadas de controle, como no caso da balança calibrada por órgão regulador nacional. As multas também aparecem nos documentos dos dois lados: nos da construtora tratam de falhas do fornecedor e no do fornecedor tratam de falha da construtora, ou seja, não estão equilibradas.

APÊNDICE D – ANÁLISE DA PROGRAMAÇÃO

1. Objetivo

Avaliar interação entre construtora e fornecedor na etapa de programação através da análise dos e-mails trocados entre eles para identificar práticas e dificuldades não descritas nas entrevistas realizadas com ambas as partes.

2. Contexto

E-mails de programação e confirmação das concretagens trocados entre a construtora e o fornecedor do EC durante a execução de uma obra, totalizando 169 e-mails no período de 1 ano, referentes a 37 concretagens. Esses e-mails foram obtidos com a obra e contêm mensagens dos estagiários e engenheiros das obras, do setor de programação e despacho e área comercial do fornecedor.

Também foram analisados registros do horário de início das concretagens, para complementar a análise dos horários de programação indicados nos e-mails. Esses horários foram obtidos através das fichas de controle de concretagem da obra em questão.

3. Resultados das análises

- A grande maioria das programações, cerca de 90%, são feitas pelos estagiários da obra. Na obra avaliada, a programação foi feita por 3 estagiários diferentes;
- A grande maioria das programações é feita com o último caminhão a liberar por conta da insegurança na precisão geométrica da fôrma e na precisão do volume entregue pelo fornecedor;
- Alterações das programações pela obra, principalmente de data, mas também de horário, volume e forma de transporte do concreto (bombeado ou não e qual tipo de bomba) são frequentes, inclusive no dia anterior ao da concretagem (ao menos 5 casos identificados, equivalente a 13,5% das programações);
- A obra, na grande maioria das vezes, não indica o código do traço que estão solicitando. Indicam apenas o fck e o slump. Em decorrência disso, tiveram cerca de 10 casos de traços não cadastrados, equivalente a 25,6% das programações, descobertos geralmente três dias antes da concretagem.

Tiveram casos de traços com fck não cadastrado ou então de fck cadastrado, mas não com o slump solicitado pela obra. Em um dos casos, o traço estava especificado no projeto de fundações, mas não foi considerado no cadastro feito junto com ao fornecedor;

- A obra não indica o módulo de elasticidade dos traços solicitados, apesar de ele ser informado nas folhas do projeto estrutural;
- Em semanas de feriado, por terem menos dias disponíveis para realizar as concretagens, a demanda de concreto por dia disponível fica maior, aumentando a chance de a obra não conseguir programar sua concretagem;
- A obra recorrentemente fazia programações com antecedência inferior aos três dias solicitados pelo fornecedor. Quando isso acontece, o fornecedor sugere duas alternativas:
 - Que a obra mantenha a data, estando sujeita à disponibilidade por desistências ou “encaixes” durante o dia (caminhões que são enviados à obra no tempo em que a central estiver livre e que não for prejudicar as demais concretagens atendidas);
 - Que a obra re programe para um dia livre, respeitando a antecedência mínima de 3 dias da programação em relação ao dia desejado;
- A maioria das programações feitas com antecedência menor do que a solicitada ocorreu em programações feitas no final da semana para o início da semana seguinte. Suspeita-se que os estagiários não tinham domínio sobre como considerar a antecedência mínima de três dias em finais de semana. O fornecedor não considera o sábado na conta, logo a concretagem de terça-feira deve ser feita na quinta-feira e não na sexta-feira, como ocorreu em alguns casos;
- Programações de concretagens para início às 7 horas são feitas com frequência, embora a distribuição do horário real de início do descarregamento dos caminhões demonstre que nenhum descarregamento iniciou às 7 e que a mediana dos horários de início seja às 11h (Figura B4). Isso sugere uma dificuldade de se iniciar a programação no horário de desejado;

Figura B4 – Distribuição dos horários reais de início das concretagens

Fonte: elaborado pelo autor.

- Foi identificado um caso de cancelamento de concretagem devido a bloqueio do fornecimento por conta do não pagamento de uma nota fiscal de concreto pela obra;
- A obra parece solicitar programações com antecedência superior a 3 dias na esperança de já entrarem em uma pré-reserva do horário e da data que desejam. Contudo, houve um caso em que a obra vinha solicitando a programação antes de D-3 e o fornecedor informava para aguardar a abertura da grade em D-3. Quando abriu, a obra enviou a programação às 16h da tarde, porém a grade já estava lotada, causando insatisfação com o fornecedor pois a obra já estava enviando a programação desejada com antecedência maior do que a recomendada;
- Em algumas programações a obra fazia solicitações específicas relacionadas à tubulação da bomba. Não há esse campo na planilha padrão do fornecedor.

APÊNDICE E – ANÁLISE DOS TEMPOS DE CONCRETAGEM

1. Objetivo

Identificar as ineficiências existentes nos tempos de concretagem e seu impacto sobre a produtividade das concretagens.

2. Contexto

Os dados analisados foram obtidos a partir de fichas de controle de concretagem de 6 obras diferentes da construtora do EC, referentes à execução de uma torre escolhida aleatoriamente de cada uma delas, não considerando periferia ou outros elementos não pertencentes à torre. O concreto foi fornecido por 3 fornecedores diferentes, sendo um deles o fornecedor do EC.

As fichas de controle de concretagem contêm: os horários de saída da central e chegada na obra dos caminhões betoneira (CBs); os horários de início e término dos bombeamentos; e indicação da data e elemento concreto. A partir desses dados, foram gerados os seguintes indicadores:

- Dia mais frequente de concretagem e horários de início e término das concretagens;
- Tempo de descarregamento, tempo de caminhão e de intervalo, parciais e totais da concretagem, conforme Figura 7;
- Tempo de espera e de troca entre caminhões, quando o caminhão seguinte chega antes do término do anterior (Caso 1 – Figura E1);
- Tempo de atraso e de posicionamento de caminhões, quando o caminhão seguinte da concretagem chega após o término do anterior (Caso 2 – Figura E1);

Figura E1 – Cenários do tempo de intervalo entre caminhões betoneira (CB)

Fonte: elaborado pelo autor.

- Velocidade de descarregamento, calculada pela divisão do volume de concreto entregue pelo tempo de descarregamento (Equação E1);
- Velocidade do caminhão, calculada pela divisão do volume de concreto entregue pelo tempo de caminhão (Equação E2);

Equação E1 – Cálculo da velocidade de descarregamento

$$Vel_{descarreg.} = \frac{Vc_{entregue}(m^3)}{Tempo_{descarreg.}(h)}$$

Equação E2 – Cálculo da velocidade de caminhão

$$Vel_{caminhão} = \frac{Vc_{entregue}(m^3)}{\sum Tempo_{caminhão}(h)}$$

- Cálculo dos valores de velocidade cumulativa e potencial, de forma similar ao apresentado para RUPcum e RUPpot na seção 3.1 para as velocidades de descarregamento e de caminhão para se avaliar o potencial de melhoria das mesmas.

As informações sobre as obras analisadas estão indicadas na Tabela E1. As 6 obras avaliadas foram divididas em dois grupos em função do volume de concreto do pavimento tipo: obras grandes – grupo A (vol≈200m³) e obras pequenas – grupo B (vol≈100m³); e seus dados foram divididos entre concretagens de pilares e concretagens de laje e vigas por terem procedimentos de concretagem e volumes de concreto diferentes. A divisão por volume é justificada pelo indicado por Jarkas (2012),

apresentado na seção 3.3, segundo o qual as concretagens maiores têm melhor produtividade devido a comprometimento maior entre as partes.

Tabela E1 – Características das 6 obras da construtora

Características das obras	A1	A2	B1	B2	B3	B4
Nº de torres	3	4	2	1	2	5
Nº de pavimentos	26	28	11	16	24	25
Área pav. Tipo (m²)	819,0	869,0	440,0	423,0	340,0	390,0
Vol. Total pav. Tipo (m³)	195,0	199,0	106,0	109,0	86,0	92,0

Fonte: elaborado pelo autor.

3. Resultados das análises

– Dia mais frequente de concretagem e horário de início

- Observou-se que o dia mais frequentes de concretagens de lajes e vigas, tanto das obras do grupo A quanto das obras do grupo B, é a sexta-feira, indicando uma demanda maior por concreto de laje e vigas nesse dia, mas há também percentuais significativos quase que igualmente distribuídos nos demais dias da semana, incluindo sábado (Figura E1). Isso demonstra que, apesar do ciclo de execução da estrutura de 5 dias úteis apresentado em 2.2 ter idealmente a concretagem de lajes ocorrendo na sexta-feira, na prática ela ocorre também com frequência em outros dias da semana, possivelmente por conta de atrasos nas atividades do ciclo. O número considerável de concretagens no sábado sugere que atrasos no ciclo de estrutura são recorrentes pois, como identificado em 16 – Apêndice A, a obra pode utilizar o sábado como forma de se recuperar desses atrasos.

Figura E1 – Distribuição de concretagens de lajes e vigas por dia da semana

Fonte: elaborado pelo autor.

- Observou-se que os dias mais frequentes de concretagem de pilares são terça-feira e quarta-feira para obras do grupo A e quarta-feira e quinta-feira para obras do grupo B, além de haver uma menor distribuição de concretagens nos outros dias, demonstrando que as concretagens ocorrem mais próximas do terceiro dia de ciclo (quarta-feira), conforme ciclo de execução de estrutura em cinco dias úteis apresentado na seção 2.2 (Figura E2). Assim como no caso das concretagens de laje e vigas, há uma concentração considerável de concretagens de pilares no sábado, o que também sugere a recorrência de atrasos no ciclo da estrutura.

Figura E2 – Distribuição de concretagem de pilares por dia da semana

Fonte: elaborado pelo autor.

- Pela análise dos horários de início indicados na Tabela E2, percebe-se que os horários mais cedo das concretagens de ambos os grupos de obra e de elemento concretado ficaram próximos das 8h da manhã, sendo que apenas uma das obras do grupo B teve um horário de início inferior às 8h (7h55). O horário de início médio ficou próximo das 11h nas concretagens do grupo A e em concretagens de pilares do grupo B. Apenas as concretagens de laje e vigas do grupo B tiveram um horário de início médio inferior a 11h. Isso reforça a dificuldade de se iniciar as concretagens cedo, como visto no Apêndice C, embora os primeiros horários sejam preferidos, conforme visto em 17 – Apêndice A.
- Pela análise dos horários de término indicados na Tabela E2, percebe-se que, conforme esperado, as concretagens do Grupo A acabam mais tarde que as do Grupo B e as concretagens das lajes e vigas acabam mais tarde que as de pilares. Tanto no grupo A quanto no B existem casos de concretagens que se estendem além do expediente normal de trabalho, acarretando em custos extras com equipe e canteiro. Contudo, chama a atenção as concretagens das obras do Grupo A, as quais possuem, tanto em lajes e vigas quanto em pilares, um término médio após às 17h, o que sugere que gastos com hora extra sejam recorrentes nessas concretagens. Além dos custos extras, concretagens que terminam tarde podem afetar o início das concretagens do dia seguinte por conta do tempo de interjornada dos operadores da bomba, conforme visto 17, e os dados da Tabela E2 sugerem que isso acontece com certa frequência.

Tabela E2 – Horário de início das concretagens por elemento e grupo de obras

Horários	Laje e Vigas		Pilares	
	A	B	A	B
Início mais cedo médio	8:27	8:07	8:10	8:16
Início médio	11:14	9:22	11:14	11:16
Término mais tarde médio	23:11	19:57	22:07	18:51
Término médio	18:55	15:39	17:21	14:41

Fonte: elaborado pelo autor.

– Tempos da concretagem

- Pela análise dos tempos de intervalo apresentados na Figura E3, a qual contém as distribuições dos tempos médios de intervalo, quando ocorrem, sua frequência de ocorrência e sua subdivisão em tempo de espera do caminhão na obra e troca entre os caminhões “n” e “n-1” (Caso 1, conforme Figura E1) e de tempos de atraso entre caminhões “n” e “n-1” e tempo de posicionamento do caminhão (Caso 2, conforme Figura E1) medidos em hora (h) e com indicação dos valores medianos por grupo de elemento e de obra nas linhas horizontais, nota-se que:
 - Intervalos do Caso 1 representam ineficiência para o fornecedor por estar com caminhão betoneira parado aguardando a descarga do anterior, além do tempo de troca entre eles, aumentando o tempo de ciclo de cada caminhão. Já os do Caso 2 representam uma ineficiência para a obra que precisa esperar a chegada dos caminhões, além do tempo de posicionamento do caminhão;
 - Percebe-se tempos menores de intervalos em geral e por tipo de caso nas obras do grupo A em relação às do grupo B, reforçando o indicado por Jarkas (2012) de que obras maiores tem maior comprometimento dos envolvidos e são mais produtivas;
 - Comparando o número total de casos de intervalo do caso 1 com os de caso 2, percebe-se que os do caso 1 ocorrem mais do que os do caso 2 para obras do grupo A. Já as obras do grupo B tem números de intervalos de caso 1 e caso 2 mais equilibrados. Isso demonstra a parte do compromisso do fornecedor destacada por Jarkas (2012) pois nas concretagens maiores, a maior parte dos intervalos foi de troca entre o CB que finalizou a descarga pelo CB que já estava na obra esperando;

- Por outro lado, os intervalos do Caso 2 são maiores que os do Caso 1. Ou seja, a obra aguarda mais tempo os CBs chegarem do que os CBs aguardam para serem descarregados (quando esses intervalos ocorrem);
- Os intervalos tanto do Caso 1 quanto do Caso 2 são maiores em concretagem de pilares do que em lajes.

Figura E3 – Análise dos tempos de intervalo

Intervalos

Caso 1 - CB "n" antes do término da CB "n-1"

Caso 2 - CB "n" depois do término da "n-1"

Fonte: elaborado pelo autor.

– Velocidade das concretagens

- Pela análise das velocidades cumulativas e potenciais de descarregamento e de caminhões, que demonstram valores desafiadores, mas possíveis de serem atingidos pelas obras, indicadas nas Tabela E3 e Tabela E4, nota-se que:
 - As velocidades de caminhão, tanto de lajes e vigas quanto de pilares, ainda estão distantes do rendimento teórico dos modelos de autobombas apresentados na Tabela 4;

- As velocidades de descarregamento e caminhão de laje e vigas, possuem uma distância maior entre os valores cumulativos e potenciais, demonstrando maior margem para melhoria que as de pilares, dentro das condições existentes nas concretagens das obras avaliadas. As velocidades de caminhão ainda possuem uma margem maior que a de descarregamento, demonstrando que também é importante buscar a otimização do lançamento do concreto em lajes e vigas.

Tabela E3 – Velocidade de concretagem de lajes e vigas

Características das obras	A1	A2	B1	B2	B3	B4
<i>Vel_{desc.CUM}</i> (m ³ /h)	16,9	15,5	10,9	11,7	11,3	11,2
<i>Vel_{desc.POT}</i> (m ³ /h)	19,4	18,3	12,2	13,3	14,6	13,5
<i>Vel_{caminhão,CUM}</i> (m ³ /h)	21,4	20,8	25,5	20,3	28,6	22,6
<i>Vel_{caminhão,POT}</i> (m ³ /h)	30,8	24,0	30,4	24,5	37,9	27,5

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela E4 – Velocidade de concretagem de pilares

Características das obras	A1	A2	B1	B2	B3	B4
<i>Vel_{desc.CUM}</i> (m ³ /h)	6,8	9,1	6,0	7,6	8,0	8,4
<i>Vel_{desc.POT}</i> (m ³ /h)	7,1	11,6	7,5	10,0	12,0	10,8
<i>Vel_{caminhão,CUM}</i> (m ³ /h)	9,3	13,0	8,9	12,4	16,4	12,0
<i>Vel_{caminhão,POT}</i> (m ³ /h)	10,3	15,8	10,5	14,8	21,1	14,2

Fonte: elaborado pelo autor

- Comparando-se as velocidades médias de concretagem com os tempos de intervalo, de soma dos tempos de caminhão e de descarregamento, indicados na Figura E4, nota-se que:
 - Velocidades de descarregamento são maiores em obras do Grupo A (“obras grandes”) em relação às do Grupo B e maiores em Laje e Vigas do que em Pilares;
 - Velocidades de caminhão são similares entre obras do Grupo A e do Grupo B, avaliando os grupos de Laje e Vigas e de Pilares separadamente. Isso sugere que o que faz as concretagens do Grupo A serem mais velozes é o menor tempo de intervalo. Contudo, em todos os casos, os tempos de intervalo representam acima de 30% do tempo de descarregamento.
 - Por outro lado, a obra B3 teve o menor tempo de caminhão, tanto nas concretagens de Laje e Viga quanto em Pilares, e obteve as melhores

velocidades das obras do Grupo B. Isso reforça a importância de se reduzir o tempo de lançamento do concreto, como dito anteriormente.

Figura E4 – Análise dos tempos totais de descarregamento e de caminhão e velocidades de descarregamento e de caminhão

Fonte: elaborado pelo autor.

APÊNDICE F – ANÁLISE DO VOLUME DE CONCRETO SOLICITADO

1. Objetivo

Avaliar a representatividade dos volumes de armação e de sistemas embutidos em relação ao volume de concreto dos pavimentos-tipo de edificações em ERCA.

2. Contexto

- Foram avaliados os projetos de estrutura e sistemas prediais de 4 obras em ERCA da construtora do EC, cujos volumes de concreto no pavimento tipo estão indicados na Tabela F1;
- O volume de concreto foi levantado a partir das dimensões dos elementos construtivos do projeto estrutural. Foram considerados os volumes de lajes, vigas e pilares e foram descontados vazios e passantes de tubulação;
- O volume de armação foi levantado a partir das tabelas resumo de armação de cada folha de projeto, as quais contém a bitola da armação e seu comprimento, permitindo sua conversão em volume. Foram consideradas as armações de lajes, vigas e pilares;
- O volume de sistemas embutidos foi levantado através da indicação de seu comprimento, estimado através do caminhamento representado em projeto, e do diâmetro dos eletrodutos indicados em tabelas resumo de cada folha de projeto. Foram considerados os eletrodutos de todos os sistemas do pavimento tipo (elétrica, telefonia, interfonia e televisão).

Tabela F1 – Relação de obras e volume de concreto do pavimento tipo de cada

Obra	A	B	C	D
Vol. De concreto (m³)	218,34	177,04	182,98	135,45

Fonte: elaborado pelo autor.

3. Resultados das análises

Tabela F2 – Volumes calculados de concreto, armação e sistemas e a relação entre eles

Obra	A	B	C	D
Vol. De concreto (m³)	218,34	177,04	182,98	135,45
Vol. De armação (m³)	3,88	2,96	2,74	2,34

Vol. De sistemas (m³)	0,76	0,65	0,63	0,51
Vol. De armação e sistemas	4,63	3,62	3,37	2,85
Vol. De concreto / armação e sistemas	2,1%	2,0%	1,8%	2,1%

Fonte: elaborado pelo autor.

Percebe-se que esses materiais ocupam um volume significativo dos elementos estruturais da laje, e representam 40% do índice de perda de concreto, usualmente adotado de 5% pela área de orçamento da construtora, conforme visto em 2. Caso o volume de concreto fosse fornecido na quantidade correta e não houvesse perda incorporada nos elementos estruturais, já se teria um excesso de 2% de concreto que poderia se transformar em entulho ou ser devolvido à central como sobra. Ou então, esse excesso poderia mascarar perdas de concreto que ocorram na recepção, transporte e aplicação, dando a falsa impressão de que o uso do concreto está sendo produtivo, demonstrando, a importância de se descontar os volumes de armação e de embutidos.

O volume da armação pode ser alternativamente estimado pela conversão da taxa de aço por metro cúbico, indicada nos projetos de armação, em volume através da massa específica do aço utilizado. Os volumes dos sistemas embutidos poderiam ser solicitados aos projetistas – que conseguiriam levantá-los com mais facilidade.

APÊNDICE G – ANÁLISE DO VOLUME DE CONCRETO FORNECIDO PELA MASSA ESPECÍFICA

1. Objetivo

Verificar variações no volume de concreto fornecido em uma concretagem através da determinação do peso de concreto fornecido e da determinação da sua massa específica.

2. Contexto

Observação e análise da determinação do volume de concreto fornecido, em uma concretagem, realizado por laboratório de controle tecnológico contratado pela construtora do EC e fornecido pelo fornecedor do EC, seguindo-se procedimento previsto na ABNT NBR 7212 (2012). O procedimento contempla a medição da massa específica e do teor de ar incorporado do concreto dos caminhões entregues na obra segundo a ABNT NBR 9833 (2008) e acompanhamento paralelo dosagem dos componentes do concreto na central e das adições de água na força (central) e na obra para que se obtenha a massa total de concreto fornecido. A massa total de cada caminhão é convertida em volume ao ser dividida pela massa específica medida²⁹ do concreto de cada caminhão (Equação G1).

Para complementar a análise, os dados das pesagens também foram comparados os valores teóricos de dosagem de cada material, informados no traço do concreto solicitado pela construtora.

Equação G1 – Conversão da massa total de concreto dos caminhões em volume de concreto fornecido

$$V_{entregue} = \frac{\text{Massa total (kg)}}{\text{Massa específica (kg/m}^3\text{)}}$$

²⁹ A massa específica é definida como “a massa da unidade de volume do concreto fresco adensado”, “incluindo o volume de ar aprisionado e incorporado” (ABNT NBR 7212, 2012).

3. Resultados das análises

Na Tabela G1 estão indicadas as pesagens de cada componente dos carregamentos da concretagem observada. A seguir, é apresentada a legenda das siglas adotadas na tabela:

- C: cimento;
- CB: caminhão betoneira;
- B0: brita 0;
- B1: brita 1;
- Aa: areia artificial;
- An: areia natural;
- At: aditivo;
- Ag,c+o: água adicionada na central mais a água adicionada na obra;
- Ag,a: água a adicionar;
- Mtotal,m: soma das massas pesadas dos materiais;
- Mtotal,t: soma das massas teóricas dos materiais;
- ME: massa específica medida conforme ABNT NBR 9833 (2008);
- Vol,s: volume de concreto solicitado;
- Vol,m: volume de concreto medido.

Tabela G1 – Volume solicitado, pesagem dos materiais e massa específica medida dos 10 carregamento avaliados

#CB	Vol,s (m³)	C (kg)	B0 (kg)	Aa (kg)	An (kg)	Ag,c+o (L)	At (kg)	Mtotal,m (kg)	ME (kg/m³)
1	7	2776	5876	2149	4022	1266	14,05	16103,1	2404
2	7	2783	6047	2124	3979	1397	14	16344,0	2397
3	7	2799	5908	2093	3997	1398	14	16209,0	2397
4	7	2803	6025	2084	4004	1298	14	16228,0	2377
5	7	2797	5980	2099	4020	1398	14,05	16308,1	2390
6	7	2785	5987	2086	3964	1388	14,11	16224,1	2390
7	7	2784	6014	2105	3956	1358	14,01	16231,0	2370
8	7	2800	5965	2116	4005	1398	14,1	16298,1	2397
9	5,5	2208	4700	1635	3154	1038	11,05	12746,1	2390
10	7	2803	5862	2105	4060	1357	14,01	16201,0	2397

Fonte: elaborado pelo autor.

– Volume de concreto fornecido

Há duas formas de se considerar o volume: aquele que se receberia caso toda a água do traço fosse adicionada (Vol,m+Ag,a) e aquele que de fato está dentro do caminhão (Vol,m), sem considerar a água que não foi adicionada, demonstrados na Tabela G2.

Tabela G2 – Cálculo do volume medido e do volume medido somado com a água a adicionar

#CB	Vol,s (m³)	Mtotal,m (kg)	ME (kg/m³)	Vol,m (m³)	Dif. (%)	Ag,a (L)	Vol,m+Ag,a (m³)	Dif. (%)
1	7	16103,1	2404	6,70	-4,31%	90	6,79	-3,02%
2	7	16344,0	2397	6,82	-2,59%	100	6,92	-1,16%
3	7	16209,0	2397	6,76	-3,40%	80	6,84	-2,25%
4	7	16228,0	2377	6,83	-2,47%	140	6,97	-0,47%
5	7	16308,1	2390	6,82	-2,52%	140	6,96	-0,52%
6	7	16224,1	2390	6,79	-3,02%	130	6,92	-1,17%
7	7	16231,0	2370	6,85	-2,16%	140	6,99	-0,16%
8	7	16298,1	2397	6,80	-2,87%	90	6,89	-1,58%
9	5,5	12746,1	2390	5,33	-3,03%	100	5,43	-1,22%
10	7	16201,0	2397	6,76	-3,44%	140	6,90	-1,44%
Média		15,889,2	2390,9	6,65	-2,98%	-	6,76	-1,30%
Desvio Padrão		1106,4	10,3	0,46	-	-	0,47	-
C.V.		6,96%	0,43%	6,97%	-	-	6,96%	-

Fonte: elaborado pelo autor.

Com base nos dados da Tabela G2, são feitas as seguintes análises:

- No caso do “Vol,m”, a diferença entre o volume solicitado e o entregue resultou, na média, em 3% para menos. No caso do “Vol,m+Ag,a”, supondo que todo o volume de água adicionado aumentasse o volume de concreto em igual medida³⁰, a diferença entre o volume solicitado e o entregue ainda ficaria negativa, resultando, na média, 1,3% para menos.
- Dado que a ABNT NBR 7212 (2012) não estabelece uma variação aceitável de volume de concreto por caminhão e que a construtora trabalha com perdas de 5% na maioria das concretagens e de 3% como meta interna, as variações observadas no cálculo sem a consideração da água (Vol,m) já superam a meta da construtora em metade das entregas.

³⁰ Não se entrou no mérito de a água adicionada poder entrar nos vazios de ar aprisionado ou incorporado do concreto e assim não aumentar o volume de concreto na mesma medida de água adicionada. Considerou-se, a favor da segurança para a análise do volume de concreto fornecido, que toda a água adicionada incrementa o concreto em igual volume (ex.: 20L a mais de água resultam em 20L a mais de concreto).

- Considerando o volume ocupado por armação e sistemas embutidos de aproximadamente 2,0%, conforme levantado nos projetos na seção 0, e a diferença média de 3% identificada em “Vol,m”, a falta de volume que seria “percebida” pela obra, caso as fôrmas tivessem exatamente as medidas de projeto, seria de aproximadamente 1%, demonstrando a importância de se pedir o volume corretamente para se identificar entregas em quantidades inferiores às solicitadas.
- Supondo que a obra peça o volume correto, descontando os embutidos, e que tenha imprecisão geométrica nas fôrmas e perdas no transporte e aplicação, os 3% a menos de volume entregue se somarão a essas perdas no cálculo do indicador de perdas, pois a obra precisaria compensar a falta de volume entregue e as perdas incorporadas e por entulho solicitando mais concreto, fazendo com que o indicador aumente e seja maior do que a perda de concreto que realmente ocorreu. Além disso, ao influenciar o cálculo do indicador de perda, o volume entregue a menos também acaba prejudicando a gestão do consumo de concreto pela obra.
- Nas medições dos 10 carregamentos, todos os volumes deram abaixo do solicitado, mesmo se considerando a adição de toda a água, o que não seria o esperado, dado que os limites de variação da pesagem de cada material definidos na ABNT NBR 7212 (2012) permitem variações, em igual valor, para mais e para menos em relação a uma quantidade que, em teoria ,deveria ser suficiente para se ter o volume solicitado.

– **Comparação com traço teórico**

As variações entre as pesagens de cada material e o valor teórico do traço estão indicadas na (Tabela G3). Os desvios percentuais obtidos também foram comparados aos limites estabelecidos na ABNT NBR 7212 (2012) por material (colunas “Dif”).

Tabela G3 – Variação das pesagens de cada material e da massa total pesada

# BT	C		B0		Aa		An		Ad		Ág,c+Ag,o		Mtotal	
	Dif. (kg)	Dif. (%)	Dif. (kg)	Dif. (%)	Dif. (kg)	Dif. (%)	Dif. (kg)	Dif. (%)	Dif. (kg)	Dif. (%)	Dif. (kg)	Dif. (%)	Dif. (kg)	Dif. (%)
1	-24,0	-0,86%	-46,0	-0,78%	133,0	6,60%	39,0	0,98%	0,1	0,36%	-274,0	-17,79%	-172,0	-1,07%
2	-17,0	-0,61%	125,0	2,11%	108,0	5,36%	-4,0	-0,10%	0,0	0,00%	-143,0	-9,29%	69,0	0,42%
3	-1,0	-0,04%	-14,0	-0,24%	77,0	3,82%	14,0	0,35%	0,0	0,00%	-142,0	-9,22%	-66,0	-0,41%
4	3,0	0,11%	103,0	1,74%	68,0	3,37%	21,0	0,53%	0,0	0,00%	-242,0	-15,71%	-47,0	-0,29%
5	-3,0	-0,11%	58,0	0,98%	83,0	4,12%	37,0	0,93%	0,1	0,36%	-142,0	-9,22%	33,1	0,20%
6	-15,0	-0,54%	65,0	1,10%	70,0	3,47%	-19,0	-0,48%	0,1	0,79%	-152,0	-9,87%	-50,9	-0,31%
7	-16,0	-0,57%	92,0	1,55%	89,0	4,41%	-27,0	-0,68%	0,0	0,07%	-182,0	-11,82%	-44,0	-0,27%
8	0,0	0,00%	43,0	0,73%	100,0	4,96%	22,0	0,55%	0,1	0,71%	-142,0	-9,22%	23,1	0,14%
9	8,0	0,36%	47,0	1,01%	51,0	3,22%	24,5	0,78%	0,1	0,45%	-172,0	-14,21%	-41,5	-0,33%
10	3,0	0,11%	-60,0	-1,01%	89,0	4,41%	77,0	1,93%	0,0	0,07%	-183,0	-11,88%	-74,0	-0,46%

Fonte: elaborado pelo autor.

Com base nesses dados, são feitas as seguintes análises:

- Nota-se que a grande maioria das variações de cimento, agregados e aditivos foram para mais e que apenas a areia artificial (Aa) teve variações acima do limite permitido pela norma (destacados em negrito). Devido à água de corte considerada na pesagem do concreto na central, a quantidade de água ficou bem abaixo da teórica, mesma com as adições feitas na força e na obra.
- Na soma da massa dos componentes pesados (Mtotal), as variações negativas da água acabaram sendo compensadas pelas variações positivas dos outros materiais, fazendo com que as variações negativas fossem de, no máximo, 1,07%, com algumas positivas. Comparando com as variações de volume (Tabela G2), percebe-se que as variações de volume são bastante superiores às da massa e que, mesmo quando houve variação positiva de massa, houve variação negativa do volume. Isso demonstra que uma análise feita somente pela massa total dos carregamentos ou pela massa total dos carregamentos dividida por uma constante (ex.: massa específica teórica do traço) pode não revelar a real variação de volume do concreto fornecido, dado que os componentes do concreto, cujas pesagens podem variar a cada carregamento, possuem massas específicas diferentes.
- Comparando-se a massa específica medida de cada carregamento com a teórica, percebe-se que a massa específica medida é significativamente maior, a qual, ao ser usada para cálculo do volume, resulta em um valor menor do que se o cálculo fosse realizado com a teórica (Tabela G4). Uma possibilidade que se levanta é de ter ocorrido um equívoco na definição da massa específica do

traço por parte do fornecedor e, como consequência, ter-se obtido um concreto com um rendimento, em volume, inferior ao esperado. Essa possibilidade reforça importância de se avaliar a massa específica dos traços, antes do início do fornecimento, e de uma avaliação periódica da mesma pelo fornecedor, como demonstrado no item 10 do Apêndice B.

Tabela G4 – Comparação da massa específica medida e massa específica teórica

#CB	Massa específica medida		Massa específica teórica		Diferença entre ME medida e teórica
	ME (kg/ m³)	Vol. (m³)	ME (kg/ m³)	Vol. (m³)	
1	2404	6,74	2325	6,96	3,40%
2	2397	6,86	2325	7,07	3,10%
3	2397	6,80	2325	7,01	3,10%
4	2377	6,89	2325	7,04	2,24%
5	2390	6,88	2325	7,07	2,80%
6	2390	6,84	2325	7,03	2,80%
7	2370	6,91	2325	7,04	1,94%
8	2397	6,84	2325	7,05	3,10%
9	2390	5,37	2325	5,53	2,80%
10	2397	6,82	2325	7,03	3,10%

Fonte: elaborado pelo autor.

APÊNDICE H – ANÁLISE DO VOLUME DE CONCRETO FORNECIDO POR PESAGEM EM BALANÇA

1. Objetivo

Avaliar desvios na quantidade de concreto entregue por traço, por central e fornecedor através de pesagens dos caminhões de concreto em balança rodoviária antes e após a descarga na obra que possam influenciar o volume de concreto fornecido.

2. Contexto

- Fichas de controle tecnológico e relatórios de pesagem de concreto em balança rodoviária relativos a concretagens de:
 - 3 fornecedores diferentes, sendo um deles o fornecedor do EC;
 - 5 centrais diferentes, sendo 2 delas do fornecedor do EC;
 - 5 obras diferentes, todas elas da construtora do EC, e com o concreto pesado na mesma balança rodoviária, mas com controle de recebimento e de aceitação independentes.
- Informações contidas nas fichas de controle tecnológico: nota fiscal, data, fck, slump, elemento concretado, pavimento, fornecedor, central e volume solicitado;
- Informações contidas nos relatórios de pesagem na balança de cada caminhão: nota fiscal, data, volume solicitado, peso na chegada e peso na saída;
- As informações das fichas e dos relatórios foram cruzadas através do número da nota fiscal do concreto fornecido, presente em ambos os documentos.

3. Resultados das análises

– Referências teóricas

- Os traços são combinações feitas dos materiais componentes do concreto visando-se atingir determinadas características, como fck, slump, Ecs, relação água cimento, entre outras;

- Conforme visto no item 9 do Apêndice B, a origem dos materiais, os equipamentos e a forma de controle da produção fazem com que os traços sejam diferentes entre centrais, mesmo entre traços de concreto com o mesmo desempenho desejado;
- Ainda nessa etapa, verificou-se que os traços de todas as centrais são reavaliados periodicamente, no mínimo a cada 2 meses, podendo passar por ajustes de composição entre essas avaliações;
- Conforme visto na Tabela 2, a ABNT NBR 7212 (2012) permite variações para mais e para menos na dosagem de cada material. Somando-se as variações positivas e as negativas de cada material, chega-se aos limites extremos de massa de concreto de cada traço. Avaliando-se 48 traços do fornecedor e aplicando essas variações a cada material, chegou-se a uma variação média admitida para a massa total do concreto de $\pm 3,13\%$. Para facilitar a avaliação, adotou-se na análise uma variação permitida de $\pm 3\%$;
- Conforme visto no Apêndice G, a avaliação do volume de concreto entregue pela massa de concreto pode não indicar sua real variação. Contudo, partindo-se de uma amostra grande, fazendo-se uma análise comparativa e dependendo da grandeza das dispersões das pesagens observadas, pode-se avaliar quais fornecimentos tem maior ou menor risco de ter variação no volume de concreto fornecido.

– **Preparação dos dados**

- Dado que traços diferentes possuem composições diferentes, que traços de concreto com um mesmo desempenho variam entre centrais e que faz parte do diferencial competitivo dos fornecedores a formulação de seus traços, os dados de pesagem foram separados por: fornecedor, central, fck e slump;
- O risco de se misturarem concretos de mesmos fck e slump, mas com Ecs, tipo de brita e relação água / cimento diferentes, que poderiam alterar sua composição, foi mitigado pela segregação dos dados por obra e tipo de elemento concretado;
- O risco de se misturarem concretos de características iguais, mas com traços diferentes por conta de alterações nas matérias primas ou ajustes na composição em função das análises periódicas do fornecedor foi mitigado pelo

agrupamento dos dados em períodos de no máximo 2 meses, embora não se saiba em qual dos meses do período analisado os ajustes da análise periódica podem ter sido feitos;

- As análises das quantidades de concreto entregue foram feitas com base no “peso unitário” de cada grupo de dados avaliados, calculado a partir da diferença entre a pesagem final e a inicial de cada caminhão, dividida pelo volume nominal de concreto de cada caminhão (valor indicado na nota fiscal) indicada nas H1 e H2. Esse procedimento permite a comparação de dados de pesagem de caminhões de volumes nominais diferentes, aumentando o tamanho da amostra de cada grupo de dados;

Equação H1 – Pesagem dos caminhões betoneira (CB)

$$Pesagem\ Inicial\ do\ CB\ (kg) - Pesagem\ Final\ do\ CB(kg) = Peso\ de\ concreto\ (kg)$$

Equação H2 – Cálculo do peso unitário

$$\frac{Peso\ de\ concreto\ (kg)}{Volume\ nominal\ (m^3)} = Peso\ unitário\ (\frac{kg}{m^3})$$

- Não se utilizou a massa específica teórica dos traços para análise e conversão em volume, pois, conforme visto no Apêndice G, a massa teórica não é idêntica à medida pela ABNT NBR 9833 (2008) e se estaria introduzindo mais uma imprecisão na análise;
- Não se utilizou a massa específica real para conversão das pesagens em volume, pois isso teria de ser feito para todos os caminhões de concreto e as obras não dispunham de recursos para tal atividade.

– Análise estatística dos dados

Para identificação dos desvios por traço, os pesos unitários de concreto, divididos em grupos conforme indicado anteriormente em função do fornecedor, central, fck, slump, obra, elemento concretado e período de fornecimento foram analisados de duas formas:

- Graficamente através de distribuições de frequência de pesagens de concreto em que as pesagens foram distribuídas em faixas com amplitude de 25kg de

concreto, escolhido por ser uma aproximação do que seria 1% da massa específica média (1% de $2350\text{kg} = 23,5\text{kg} \approx 25\text{kg}$).

Figura H1 – Exemplo de distribuição de frequência dos pesos unitários

Fonte: elaborado pelo autor.

- Estatisticamente pela estimação dos valores de média e desvio padrão dos grupos de peso unitário obtidos. Para essa estimação:
 - Houve a consideração da distribuição de pesos unitários dos grupos de dados como uma distribuição normal, a qual foi visualmente validada pelos dados e teoricamente validada pelo Teorema do Limite Central, segundo o qual “uma variável aleatória resultante de uma soma de n variáveis aleatórias independentes, no limite quando n tende a infinito tem distribuição normal” (NETO, 2005), como no caso das pesagens dos concretos, em que variáveis aleatórias independentes (pesagens de cada material) são somadas e dão origem à variável peso de concreto;
 - A amostragem adotada foi do tipo não probabilística, por terem sido pegos estratos de fornecimento, representando cada grupo de dados, os quais foram analisados independentemente;
 - Foram adotados, como parâmetros para a estimação, uma confiança de 99% para a média e o desvio padrão, e um intervalo de $\pm 25\text{kg}$ (aproximadamente $\pm 1\%$ da densidade do concreto) para a média da população;

- As etapas adotadas para se construir esses intervalos foram:
 - 1) Remoção de impurezas nos dados: valores distantes da média das amostras e com frequência de ocorrência abaixo de 1% do total de ocorrências da amostra foram descartados da análise;
 - 2) Teste do tamanho da amostra do estrato para se atingir o intervalo com a confiança desejada, a partir do desvio padrão da amostra e da distribuição t de Student (Equação H3);

Equação H3 – Teste do tamanho da amostra de pesos unitários (NETO, 2005)

$$n = \left(\frac{t_{n'-1, \alpha/2} \times s}{e_0} \right)^2$$

- 3) Para os estratos aprovados, foram construídos intervalos para a média da população (Equação H4) e para o desvio padrão da população (Equação H5), com base nos dados da amostra e as distribuições t de Student e χ^2 ;

Equação H4 – Cálculo do intervalo para média da população (NETO, 2005)

$$\bar{x} \pm t_{n-1, \alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Equação H5 – Cálculo do intervalo para o desvio padrão da população (NETO, 2005)

$$\sqrt{\frac{(n-1)s^2}{\chi^2_{n-1, \alpha/2}}} \leq \sigma \leq \sqrt{\frac{(n-1)s^2}{\chi^2_{n-1, 1-\alpha/2}}}$$

- A partir dos intervalos, foram recriados gráficos de distribuição normal dos grupos de dados avaliados, a partir da média e do desvio padrão estimados, para facilitar a análise dos resultados.

Para identificação dos desvios por central e por fornecedores, os pesos unitários de cada um foram agrupados por central, misturando-se os dados de diferentes traços fornecidos pela mesma, e por fornecedor, combinando-se os dados das centrais. Assim como feito na análise dos traços, os dados foram avaliados graficamente e estatisticamente, mas a análise estatística desses dados foi feita através da comparação entre as variâncias das amostras, com as considerações a seguir:

- As considerações anteriores sobre a distribuição normal, forma de amostragem e remoção das impurezas também são válidas para essa análise;

- Foi adotada uma significância de 1% (α) para a avaliação da hipótese sobre a dispersão das pesagens das centrais e dos fornecedores comparadas serem iguais, testada conforme descrito a seguir:

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$: hipótese de que as variâncias comparadas são iguais e que, portanto, pode-se dizer que as pesagens das centrais ou dos fornecedores avaliados tem um mesmo padrão de precisão.

$H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$: hipótese de que as variâncias comparadas não são iguais e que, portanto, não se pode dizer que as pesagens das centrais ou dos fornecedores avaliados tem um mesmo padrão de precisão.

Definindo-se $F = \frac{\max(s_1^2, s_2^2)}{\min(s_1^2, s_2^2)}$, rejeita-se H_0 se $F > F_{v_i, v_j, \alpha/2}$, obtido através das distribuições F de Snedecor (NETO, 2005).

– **Análise dos resultados**

Foram escolhidas amostras de dois traços de cada central para análise. Aplicando-se os limites de variação dos traços de $\pm 3\%$, definidos anteriormente, à média obtida de cada curva³¹, é possível calcular o percentual de resultados de cada distribuição que não se encontram dentro desse limite e que, portanto, representam variações além das variações permitidas pela ABNT NBR 7212 (2012).

Pela análise das distribuições da Tabela H1, nota-se que:

- Existem traços com quantidade significativa de pesagens fora dos limites estabelecidos pela ABNT NBR 7212 (2012);
- A análise das distribuições do Fornecedor A, Central, Traços a e b sugere que mudanças na precisão da pesagem do fornecedor podem ocorrer em um curto espaço de tempo ou variarem em função do traço. O Traço b foi fornecido para a mesma obra que o Traço a, nos dois meses seguintes, o fornecedor é o mesmo, a central é a mesma e, portanto, os processos de controle são os mesmos; contudo, o desvio padrão do Traço b é consideravelmente maior;
- O Fornecedor A ainda tem uma tendência de ter dispersão maiores em suas pesagens em relação aos demais fornecedores, a qual foi verificada em

³¹ Adotou-se a média da amostra como sendo o valor representativo do traço teórico.

diferentes obras, centrais e em datas espaçadas (Fornecedor A, Central 1, traços a e b e Fornecedor A, Central 2, traços c e d são de duas obras diferentes no período de Março de 2014 a Janeiro de 2015). Isso sugere que, em parte, os desvios na pesagem são devidos às condições de produção do fornecedor, visto que as dispersões maiores do Fornecedor A se repetem com traços diferentes e em épocas diferentes;

- Complementando, a análise das distribuições dos traços g e h do Fornecedor B sugere que os desvio das pesagens também estão, em parte, relacionados às características da central e não a alguma ocorrência na obra, pois, assim como no caso dos traços a e b citados, os traços g e h foram fornecidos para a mesma obra em um curto espaço de tempo (traço g de Junho a Julho de 2014 e traço h de Setembro a Outubro de 2014) e possuem desvios diferentes;
- Os Fornecedores B e C parecem ter uma precisão maior na pesagem dos materiais e grande parte das dosagens está dentro dos limites permitidos, mesmo com possíveis variações no momento da pesagem devido ao uso da água do caminhão para outro fim que não a dosagem do concreto ou lavagem do balão, como alertado por Andrade (2000), ou por sobras de concreto no caminhão. Todas as amostras avaliadas estão sujeitas a essas situações e se esses fatores fossem os principais responsáveis pelos desvios observados, não ter-se-ia alguns traços com pouco desvio e outros com muito. Isso sugere que é possível manter desvios de variação dos materiais pesados dentro dos limites permitidos.

Tabela H1 – Gráficos de distribuição dos pesos unitários obtidos e distribuições normais construídas por traço

Fonte: elaborado pelo autor.

Pela análise visual dos gráficos anteriores é possível perceber que há uma diferença entre os desvios padrões obtidos nos traços de cada fornecedor, mas para reforçar essa diferença e ressaltar a importância do controle da dosagem dos materiais, foi feita uma comparação entre as variâncias de amostras entre centrais de um mesmo fornecedor e entre fornecedores, representada nas tabelas a seguir.

Pela análise da Tabela H2, com distribuições das centrais 1 e 2 do Fornecedor A, F resultou 1,20 e inferior a $F_{vi,vj,0,5\%}$ e, portanto, aceita-se que as variâncias são iguais e que as centrais tem um mesmo padrão de precisão.

Tabela H2 – Gráficos de distribuição dos pesos unitários obtidos e distribuições normais construídas por central – Fornecedor A

Fonte: elaborado pelo autor.

Pela análise da Tabela H3, para as centrais 1 e 2 do Fornecedor B, F resultou 1,29 e inferior $F_{vi,vj,0,5\%}$ e, portanto, aceita-se que variâncias são iguais e que as centrais têm o mesmo padrão de precisão.

Tabela H3 – Gráficos de distribuição dos pesos unitários obtidos e distribuições normais construídas por central – Fornecedor B

Fonte: elaborado pelo autor.

Essa comparação não foi feita com o Fornecedor C por só se dispor dos dados de uma central deste fornecedor, sendo o gráfico do “Fornecedor – Central 1 – Todos

os traços” (Tabela H4) equivalente à distribuição geral por Fornecedor, considerando todas as centrais de que se tem dados.

Tabela H4 – Gráficos de distribuição dos pesos unitários obtidos e distribuições normais construídas por central – Fornecedor C (igual à distribuição por fornecedor)

Fonte: elaborado pelo autor.

Os resultados da Tabela H2 e H3 e os testes realizados demonstram a relação da dispersão das pesagens com o fornecedor, pois centrais diferentes de um mesmo fornecedor têm a mesma dispersão.

Comparando-se os fornecedores A, B e C, cujas distribuições dos dados combinados dos traços e centrais estão na Tabela H4 e H5, chega-se a:

- $F = 2,51$ na comparação dos fornecedores A e B, sendo maior que $F_{vi,vj,0,5\%}$, portanto, aceita-se que as variâncias não são iguais e que os fornecedores não têm o mesmo padrão de precisão;
- $F = 3,19$ na comparação dos fornecedores A e C, sendo maior que $F_{vi,vj,0,5\%}$, portanto, aceita-se que as variâncias não são iguais e que os fornecedores não têm o mesmo padrão de precisão;
- $F = 1,27$ na comparação dos fornecedores B e C, sendo menor que $F_{vi,vj,0,5\%}$, portanto, aceita-se que as variâncias são iguais e que os fornecedores têm o mesmo padrão de precisão.

Tabela H5 – Gráficos de distribuição dos pesos unitários obtidos e distribuições normais construídas por fornecedor

Fonte: elaborado pelo autor.

– Conclusões das análises

- Podem ocorrer variações significativas na quantidade de material pesado, com desvios que superam os limites estabelecidos pela ABNT NBR 7212 (2012), e, possivelmente, de volume entregue e qualidade do concreto relacionadas ao processo de fornecimento de concreto pelo fornecedor;
- Essas variações podem ocorrer em um curto espaço de tempo, sendo necessário um acompanhamento constante, mesmo no caso de fornecedores com histórico de precisão na dosagem de materiais;
- Nas amostras avaliadas, demonstrou-se que centrais diferentes de um mesmo fornecedor tem padrão de precisão de pesagem iguais, evidenciando a influência da gestão da produção pelo fornecedor, seus cuidados, controles e forma de atuar que se aplicam a todas as suas centrais, e reforçando a importância desse tipo de ação para a melhoria da precisão na pesagem;
- As diferenças de precisão identificadas na análise dos traços se estendem para a comparação dos fornecedores, reforçando que os desvios identificados não

são devido a um traço específico ou alguma ação da construtora, são inerentes ao fornecedor e sua gestão da produção;

- É possível ter uma dispersão baixa do resultado com grande parte dos valores dentro do limite de variação estabelecido na ABNT NBR 7212 (2012), como no caso dos fornecedores B e C que, inclusive, são aceitos como tendo um mesmo padrão de precisão de pesagem dos concretos e que, possivelmente, leva a uma menor variação no volume de concreto fornecido.

APÊNDICE I – PROCEDIMENTO DO DESIGN THINKING (DT)

1. Preparativos

Os preparativos se constituíram em:

- Formalizar o aceite das empresas para início da pesquisa e de participação nos workshops do DT;
- Estruturação dos workshops e definição das ferramentas.

1.1. Formalização do aceite e de participação nos workshops

Os dois contatos iniciais feitos com as empresas e convidados a participarem do DT foram os mesmos que para o EC. Como era o objetivo do uso do design thinking formar uma equipe multidisciplinar para melhoria da produtividade de concretagens, foram convidados a participar ao menos um representante dos agentes envolvidos na cadeia produtiva das concretagens, são eles: construtora, fornecedor, consultor técnico, consultor de produtividade, laboratório de controle tecnológico, projetista estrutural e a entidade de classe representante das empresas prestadoras de serviço de concretagem (ABESC).

Para formalizar o aceite de início da pesquisa e das condições apresentadas, foi enviado um e-mail a todos os convidados com o documento utilizado para a apresentação da pesquisa em anexo, agradecendo o interesse e apoio de todos, e então as abordagens foram iniciadas. Com a formalização do aceite e alinhamento quanto aos envolvidos, iniciou-se a estruturação e definição das ferramentas que seriam utilizadas nos Workshops.

1.2. Estruturação dos workshops e definição das ferramentas

– Estruturação geral

O DT foi estruturado com base no sequenciamento proposto no curso da ESPM, no qual o pesquisador desenvolveu em grupo um projeto de DT até a etapa de Prototipação, com algumas adaptações para atender aos interesses da pesquisa.

Optou-se por realizar um workshop para cada etapa abrangida (Imersão, Ideação e Prototipação), buscando-se condensar e otimizar o tempo dos envolvidos

dado a quantidade de pessoas, sua disponibilidade de tempo e por estarem participando voluntariamente:

Para facilitar o entendimento do objetivo de cada workshop e das ferramentas escolhidas, apresenta-se o conceito do Diamante Duplo, processo criativo identificado pelo Design Council como recorrente em empresas que adotam o DT. Conforme a pesquisa realizada, uma similaridade no processo criativo dessas empresas foi o uso do pensamento divergente e convergente em sequência para o entendimento do problema que estão abordando e definição de soluções que, quando representado graficamente ganha a forma de dois diamantes. O pensamento divergente é característico do Design Thinking e se diferencia do pensamento convergente convencional na resolução de problemas na medida em que busca alternativas e ideias desconhecidas antes de julgar e escolher dentre as alternativas já conhecidas. Isso se justifica pois dificilmente tem-se o entendimento prévio necessário para julgar e escolher corretamente a melhor solução no início de um novo projeto ou desafio. Nos workshops desta pesquisa estão sobrepostos ao Diamante Duplo do Design Council, indicando as etapas de convergência e divergência de cada workshop e que determinaram a escolha das ferramentas de cada um.

Figura I1 – Diamante Duplo e desenvolvimento do design thinking

Fonte: elaborado pelo autor.

O workshop de imersão teve como objetivo explorar os conceitos relacionados ao fornecimento de concreto e à relação entre as empresas, definindo os desafios a serem solucionados para melhorá-lo. O workshop da etapa de ideação, visou gerar

ideias para solucionar os desafios definidos no workshop anterior. Por último, o workshop de prototipação, cuja finalidade era testar e atualizar as ideias do workshop de ideação.

Uma sequência geral de desenvolvimento da abordagem, realização dos workshops e das atividades realizadas está ilustrado na Figura I2.

Figura I2 – Abordagem do Design Thinking adotada na pesquisa

Fonte: elaborado pelo autor

As observações e entrevistas realizadas na etapa de Imersão foram as mesmas das realizadas no Estudo de Caso. Conforme Figura I2, as perguntas iniciais mais abertas, o detalhamento das atividades e das dificuldades, e as perguntas finais de reflexão foram escolhidas para atender ao mesmo tempo os interesses do EC e do DT. O mesmo vale para as observações realizadas. A diferença ocorreu nos registros das inspirações que surgiram durante as entrevistas e observações, através de ideias ou novos pontos a serem investigados e questionados aos entrevistados ou observados para complementar o entendimento do pesquisador.

A seguir são apresentados mais alguns critérios específicos adotados na estruturação dos Workshops:

a) Condução dos Workshops

O facilitador dos workshops foi o próprio pesquisador, que além de aplicar as dinâmicas, ferramentas e incentivar os debates, também compilou as informações coletadas em cada uma das etapas para exposição aos participantes. Dado o

envolvimento do pesquisador com o tema em questão, já que faz parte da construtora que se está estudando e tem interesse em contribuir com as soluções, a moderação não será do tipo passiva. O pesquisador buscará influenciar positivamente as dinâmicas, dando suas contribuições a respeito do tema com base nas revisões e experiências adquiridas durante os workshops, mas sem manipulá-las.

b) Participantes dos Workshops

Foram convidados a participar dos workshops representantes das áreas envolvidas com a concretagem do fornecedor (prestador do serviço) e da construtora (cliente), além de outros agentes externos envolvidos na cadeia produtiva do concreto já apresentados anteriormente. Esse grupo foi formado para se ter equipes multidisciplinares, com pessoas de diversas hierarquias, com experiência no tema e diferentes vivências e visões sobre as concretagens e relacionamento entre fornecedor e construtora para contribuir com as discussões. Dessa forma, espera-se antecipar problemas relacionados às soluções, identificar e contornar barreiras para adoção das soluções e gerar resultados mais alinhados com as expectativas do fornecedor e da construtora, aumentando o potencial de adoção e uso, conforme (ALT; BODIAN, 2018).

As exceções da construtora e do fornecedor foram as funções não destacadas nas Figura I3 e Figura I4 que por dificuldade de locomoção e disponibilidade de tempo não participaram dos workshops, mas suas experiências e opiniões foram colhidas e exploradas durante a imersão, através das entrevistas e observações realizadas.

Dentre os participantes estavam também representantes da alta hierarquia da construtora e do fornecedor, que foram os patrocinadores e apoiadores e que possuem a autonomia sobre a decisão de adotar ou não alguma das soluções desenvolvidas.

Figura I3 – Convidados do fornecedor a participar do DT indicados em cinza

Fonte: elaborado pelo autor.

Figura I4 – Convidados da construtora a participar do DT indicados em cinza

Fonte: elaborado pelo autor.

c) Preparação para os Workshops

Por envolver participantes de diferentes áreas e de diferentes hierarquias, foram tomadas algumas medidas, conforme sugerido por Alt e Bodian (2018), para assegurar o sucesso dos workshops:

- Nos dois primeiros workshops, de imersão e de ideação, foram feitas simulações integrais do workshop com grupo de 5 a 6 pessoas que não participaram dos workshops oficiais para testar as ferramentas quanto a tempo e resultado de cada uma, verificar possíveis resultados dos workshops, antecipar possíveis dúvidas que surgiriam durante os workshops oficiais, testar

forma de registro do avanço do workshop e realizar ajustes em sua formatação. O terceiro workshop não passou por simulação, mas suas ferramentas foram testadas pelo pesquisador previamente para ajustes de tempo e estruturação;

- A cada atividade, procurou-se explicar claramente o motivo de ela estar sendo feita, qual sua finalidade e dar exemplos para convencimento dos participantes quanto a sua importância;
- Em todos os encontros foram feitas atividades de aquecimento para integração e descontração dos participantes e foram repassadas regras para melhorar a colaboração entre os participantes e quebrar barreiras hierárquicas;
- Procurou-se mesclar atividades individuais com atividades em grupo para que tanto as pessoas de perfil mais tímido quanto de perfil mais expansivo pudessem dar sua contribuição;
- Estruturar bem a sequência de atividades de cada workshop e controlar o tempo de execução de cada uma delas, acompanhando, auxiliando e estimulando constantemente o desenvolvimento pelos grupos, buscando a participação de todos os integrantes;
- Procurou-se mesclar perfis, hierarquias e agentes representados nos grupos de modo a ter sempre mais de um agente representado, com pessoas mais e menos experiência no assunto e com perfis expansivos, colaborativos e tímidos no mesmo grupo;
- Ao final de cada Workshop o facilitador solicitou que os participantes preenchessem uma ficha de avaliação do workshop em si da condução pelo facilitador para eventuais melhorias e sugestões para os próximos encontros.

d) Formação dos grupos

Os grupos foram definidos no primeiro workshop com pequenas alterações ao longo dos demais em função de ausências ou novos integrantes.

Como o número de participantes variou entre 11 e 15 pessoas, foram formados 3 grupos de 3 a 5 pessoas, sendo que dois deles focaram no tema da produtividade e um no tema das perdas de concreto.

e) Duração dos Workshops

Para facilitar a compatibilização das agendas e aumentar o número de presentes nos workshops, estabeleceu-se uma duração máxima de 3h para cada um. As ferramentas e suas respectivas durações foram então sendo encaixadas no tempo disponível de cada workshop junto com atividades de aquecimento e de contextualização e explicação, respeitando o tempo estabelecido.

f) Local dos Workshops

Para facilitar a locomoção e, dada disponibilidade de local espaçoso e com boa infraestrutura para apresentação das instruções e realização das dinâmicas, os workshops foram feitos em salas no escritório da construtora e durante o expediente de trabalho, no período da tarde por preferência dos envolvidos.

g) Registro dos Workshops

A cada atividade, o facilitador registrou com foto o avanço dos grupos e durante a condução dos workshops, pensamentos, ideias e comentários interessantes dos grupos foram sendo registrados.

Ao final de cada workshop, o facilitador enviava aos participantes um documento com um resumo dos resultados do workshop que também já continha o convite para o workshop seguinte.

– Estruturação do Workshop de Imersão

a) Objetivos gerais:

- Integrar participantes;
- Explorar conceitos relacionados à produtividade e perdas de concretagens e à relação entre fornecedor e construtora;
- Formular os desafios que serão explorados pelos grupos nos encontros seguintes.

b) Resultado esperado de cada grupo:

- Definir um desafio no formato:

“Como podemos ajudar (BENEFICIÁRIOS DA SOLUÇÃO)”

a (NECESSIDADE DO BENEFICIÁRIO)

de modo a (IMPACTO DESEJADO PARA O BENEFICIÁRIO)

e assim (IMPACTO DESEJADO PARA A CONCRETAGEM)?”

Tabela I1 – Programação do primeiro workshop

Duração	Atividade	Descrição
0:10	Chegada	Tempo para chegada de todos os participantes
0:15	Apresentação do contexto	Apresentação pessoal, da pesquisa, “o que é e por que DT”, cronograma de desenvolvimento, objetivos gerais de cada workshop e resultado esperado do 1º Workshop
0:20	Warmup	<p>- 1ª Atividade: individual e de reflexão, relacionada ao tema da pesquisa (10') para listagem de pontos que incomodam sobre o outro lado ou um dos lados, no caso dos agentes que não sejam fornecedor ou construtora. Tem como objetivo acalmar ímpeto de criticar “o outro lado” dos participantes, colher opiniões ainda “não influenciadas” dos participantes para análise dos pesquisador e servir de aquecimento sobre o tema que do workshop.</p> <p>- 2ª Atividade: bate papo em duplas (10') para que as pessoas se conheçam e descubram nome, cargo e 3 coisas interessantes sobre a pessoa. Tem como objetivo criar empatia entre os diferentes agentes, empresas e cargos participantes e demonstrar que no workshop todos são pessoas comuns, com interesses, vontades e que hoje estão reunidas para resolver juntas um problema.</p>
0:10	Regras para a colaboração	<p>- 1ª Atividade: apresentação e exemplificação das regras para colaboração:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não existe certo ou errado; • Suspenda suas verdades; • Questionem sempre; • Uma conversa de cada vez; • Interajam bastante. <p>- 2ª Atividade: apresentação e demonstração de dicas para melhor uso dos “post-its”:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escreve pensando em alguém que está por chegar (seja claro); • Uma informação por nota (para poder movimentá-las); • Seja o mais visual possível; • Tira da forma correta para que dure mais na parede; • Não confiem na memória, anotem tudo!
1:05	Explorar conceito (Divergir)	<p>Após o aquecimento e apresentação das regras, dividir os participantes em grupos para a discussão do relacionamento entre fornecedor e construtora e como ele afeta a produtividade e perdas de concreto das concretagens.</p> <p>- 1ª Atividade: uso da Matriz CSD (certezas, suposições e dúvidas) para obter de maneira rápida a maior quantidade possível de informação a respeito do contexto do desafio (40').</p> <p>- 2ª Atividade: uso do Diagrama de Afinidade para agrupar as certezas, suposições e dúvidas da atividade anterior com base nas características que tem em comum para ajudar o grupo a começar a identificar alguma tendência, algum assunto prioritário (15').</p> <p>- 3ª Atividade: priorização das certezas, suposições e dúvidas levantadas através do somatório de notas de 1 a 3 dada por cada membro do grupo. A priorização e a classificação por grupo facilita</p>

		o trabalho de entender qual é o problema central que estão identificando (10').
0:50	Definição do desafio (Convergir)	<p>Iniciar a formulação do desafio a partir das informações levantadas na etapa de exploração.</p> <p>- 1ª Atividade: escolher possíveis questões identificadas nas etapas anteriores e desdobrá-las na Rede de Influência, buscando entender e ramificar suas causas, até chegarem em um nível de detalhamento que possa ser usado como desafio e desperte o interesse do grupo. Mais de uma questão podem ser exploradas (30').</p> <p>- 2ª Atividade: formulação do desafio a partir das questões exploradas na Rede de Influências, procurando desafios que não sejam nem muito amplos, nem muito fechados e que os grupos consigam já pensar em algumas ideias para resolvê-los (20').</p>
0:10	Encerramento	<p>Repassar o avanço obtido no workshop, como ele irá contribuir para os próximos passos e apresentar as entrevistas e observações que serão feitas pelo pesquisador antes da realização do próximo workshop, as quais servirão para complementar o entendimento do grupo sobre o problema e para atualização do desafio no início do workshop de ideação, caso julguem necessário.</p> <p>Agradecimento final dos participantes e convite para o próximo encontro.</p>

Fonte: elaborado pelo autor.

c) Detalhe das ferramentas:

- Matriz CSD:
 - Matriz de três colunas (certezas, suposições e dúvidas) nas quais os participantes inserem o que sabem a respeito do tema em cada uma delas.
- Rede de influência:
 - Ferramenta estruturada em camadas de “porquês” em que um problema é inserido no primeiro nível e destrinchado em “porquês” que facilitam seu entendimento e aumentam a chance de ele ser solucionado.

– Estruturação do Workshop de Ideação

a) Objetivos gerais:

- Atualizar os desafios do workshop anterior com base na pesquisa de campo feita pelo facilitador (entrevistas e observações);
- Gerar ideias para solucionar os desafios atualizados;
- Classificar e selecionar as melhores ideias.

b) Resultado esperado de cada grupo:

- Escolher a melhor ideia para resolver o desafio.

Tabela I2 – Programação do segundo workshop

Duração	Atividade	Descrição
0:10	Chegada	Tempo para chegada de todos os participantes
0:05	Recapitulando	Cronograma de desenvolvimento, estágio atual e resultado esperado do 2º Workshop
0:20	Warmup	<p>- 1ª Atividade: atividade em grupo, com a divisão dos participantes em dois grandes grupos. Cada grupo deve encontrar duas coisas que todos têm em comum e, com base nisso, criar um nome criativo e um escudo que o represente. O outro grupo tentará adivinhar o nome do grupo com base no desenho do escudo³². Tem como objetivo incentivar a interação entre os membros do grupo, e descontrair o ambiente do workshop e incentivar a criatividade durante a definição do nome, desenho do escudo e da adivinhação (10').</p> <p>- 2ª Atividade: atividade individual. Primeiramente, o facilitador dá a instrução para que cada participante desenhe “um vaso” em um pedaço de papel. Separa os desenhos e os deixa a vista. Em seguida, o facilitador dá a instrução para que cada participante desenhe “uma forma de enfeitar ambientes com flores”. Separa os desenhos e os deixa do lado dos vasos. Fazer uma reflexão sobre a diferença de resultados quando se dá um desafio fechado e direcionado (“desenhe um vaso”) de quando se dá um desafio mais amplo, que permite a criatividade (“desenhe uma forma de enfeitar ambientes com flores”) ³³. Tem como objetivo demonstrar aos participantes a importância da definição do desafio para a etapa de geração de ideias (10').</p>
0:20	Empatizando	<p>Apresentação de alguns dos resultados da pesquisa de campo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Respostas dos entrevistados ao serem perguntados sobre: se pudessem mudar o outro (fornecedor ou construtora) e se pudessem mudar a si próprio (fornecedor ou construtora). Refletir sobre as respostas e as similaridades entre elas, buscando reforçar a empatia entre as partes. • Visão dos entrevistados sobre a concretagem ideal para captar inspirações dos outros envolvidos que não estão participando do workshop e para identificar desejos em comum. • Principais dificuldades, causas e suas consequências para as concretagens identificadas com os entrevistados para reflexão sobre os principais desafios que precisam ser superados.
0:30	Atualizando o desafio (convergir – continuação)	Tempo para discussão e evolução dos desafios pelos membros do grupo com base nas informações apresentadas, utilizando-se o mesmo formato de desafio apresentado no primeiro encontro, podendo-se consultar a Matriz CSD e a Rede de Influência elaborada no workshop anterior.

³² Adaptado de “zombie cats” de <https://smashingideas.com/five-warm-ups-ignite-design-thinking-workshop/>

³³ Adaptado de “draw a vase” de <https://smashingideas.com/five-warm-ups-ignite-design-thinking-workshop/>

0:10	Regras para a colaboração e geração de ideias	<p>- 1ª Atividade: reapresentação e exemplificação das regras para colaboração:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não existe certo ou errado; • Suspenda suas verdades; • Questionem sempre; • Uma conversa de cada vez; • Interajam bastante. <p>- 2ª Atividade: reapresentação e demonstração de dicas para melhor uso dos “post-its”:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escrever pensando em alguém que está por chegar (seja claro); • Uma informação por nota (para poder movimentá-las); • Seja o mais visual possível; • Tirar da forma correta para que dure mais na parede; • Não confiem na memória, anotem tudo! <p>- 3ª Atividade: apresentação das regras para ajudar na geração de ideias:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quanto mais ideias, melhor! Não precisam resolver todo o desafio logo na primeira ideia. • Não seja detalhista, seja rápido! As ideias não precisam estar completamente formuladas para serem compartilhadas. • Desprenda-se da “sua ideia”! • Encoraje ideias (malucas) dos outros! • Inspire-se e construção com as ideias dos outros!
1:00	Geração de ideias (Divergir)	<p>- 1ª Atividade: <i>Brainstorming</i> em grupo para geração de maneira rápida a maior quantidade possível de ideias para solução do desafio (30')</p> <p>- 2ª Atividade: geração individualmente de ideias a partir da frase “e se a construtora fornecesse concreto” ou “e se o fornecedor fizesse a concretagem” (7') para colher ideias de todos e sem interferências.</p> <p>- 3ª Atividade: geração individualmente de ideias a partir da frase “e se (alguma empresa do ramo tecnologia, empresas de destaque de outro setor) fossem fornecedores de concreto” e, de forma similar, se executassem as concretagens (7') para colher ideias de todos e sem interferências.</p> <p>- 4ª Atividade: compartilhamento das ideias e discussão livre entre os grupos (15').</p>
0:30	Seleção de Ideias (Convergir)	<p>Agrupar ideias e analisar melhores elementos de cada uma, procurando combina-las e identificar restrições. Escolher uma e revisitar o problema abordado. Estão resolvendo?</p> <p>- 1ª Atividade: uso do Diagrama de Afinidade para agrupar as ideias sugeridas com base nas características que tem em comum para ajudar o grupo a começar a identificar alguma tendência, algum assunto prioritário (15').</p> <p>- 2ª Atividade: priorização das ideias através do somatório de notas de 1 a 3 dada por cada membro do grupo. A priorização e a classificação por grupo facilitam o trabalho de entender quais são as principais ideias propostas (10').</p> <p>Com base nessa atividade, procurar combinar as ideias, identificar restrições e escolher uma principal capaz de resolver o desafio definido.</p>
0:10	Encerramento	<p>Apresentação das ideias escolhidas por cada grupo.</p> <p>Repasar o avanço obtido no workshop, como ele irá contribuir para os próximos passos e convidar os participantes a realizarem a Pesquisa Desk, para terem novas inspirações de solução para seus desafios.</p>

		Agradecimento final dos participantes e convite para o próximo encontro.
--	--	--

c) Detalhe das ferramentas:

- Pesquisa Desk:
 - Se assemelha à pesquisa documental e à pesquisa bibliográfica, mas com o objetivo de complementar de forma rápida o entendimento dos participantes sobre o tema tratado e fazê-los ter contato com assuntos análogos. Se vale principalmente da consulta a materiais na internet, como websites, blogs, notícias (VIANNA et al. 2017) e foi adotada para trazer novas inspirações aos participantes a respeito do tema e fazê-los buscar por si próprios novas fontes de informação.

– Estruturação do Workshop de Prototipação

a) Objetivos gerais:

- Finalizar e atualizar ideias selecionadas;
- Evoluir e testar as ideias em ciclos de prototipagem;
- Apresentação final das ideias e debate.

b) Resultado esperado de cada grupo:

- Ter uma ideia “prototipada” e validada pelos outros grupos.

Tabela I3 – Programação do terceiro workshop

Duração	Atividade	Descrição
0:10	Chegada	Tempo para chegada de todos os participantes
0:05	Recapitulando	Cronograma de desenvolvimento, estágio atual e resultado esperado do 3º Workshop
0:05	Warmup	- 1ª Atividade: Disputa de jokempô entre todos os participantes com objetivo de energiza-los rapidamente, fazê-los interagir e criar um ambiente descontraído (5').
0:25	Atualização da ideia (Convergir)	Apresentação de ideias complementares às sugeridas pelos grupos e tempo para discussão, atualização e fechamento da ideia que será prototipada.

		<p>- 1ª Atividade: exposição das ideias de cada grupo, não apenas das selecionadas, mas das outras que foram pensadas e não foram apresentadas para servir de inspiração para os outros grupos, além de ideias trazidas pelo facilitador com base na análise das ideias dos grupos e nas informações coletadas durante a pesquisa de campo da etapa de imersão. Para tornar a apresentação mais dinâmica, foi adotado o formato “feira de ciências” com uso de cartaz e explicação pelo expositor com livre circulação dos membros do grupo para exploração das ideias (15’).</p> <p>- 2ª Atividade: atualização das ideias com base nas novas inspirações e uso de um canvas³⁴ para facilitar a estruturação das ideias e ajudar os grupos a ficarem alinhados quanto às ideias que estão desenvolvendo, a refletirem sobre a ideia enquanto a escrevem, tornar as ideias e sua importância claras para que os grupos consigam prototipá-las e apresentá-las aos demais. O canvas é em quatro partes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proponho (DESCRIÇÃO DA IDEIA) • Para (BENEFICIÁRIOS DA IDEIA) • Que (NECESSIDADE IDENTIFICADA) • Porque (VALOR PARA OS BENEFICIÁRIOS).
0:10	Preparação para prototipação	<p>- 1ª Atividade: apresentação de um trecho do filme “Fome de Poder” para reflexão sobre a importância do protótipo e como fazê-lo.</p> <p>- 2ª Atividade: apresentação do que pode ser representado através de um protótipo (ex.: passo a passo de uso de uma solução, momentos de interface com a solução) e as ferramentas que podem ser utilizadas para isso (ex.: <i>storyboard</i>, modelos em escala, protótipos em papel).</p>
1:40	Prototipação (Convergir)	<p>Dois ciclos de prototipação:</p> <p>- 1º Ciclo: protótipo preliminar com uso de ferramentas para ajudar a testar e tangibilizar as soluções (30’) e apresentação preliminar por cada grupo e avaliação pelos demais (20’).</p> <p>- 2º Ciclo: atualização das ideias com base nos comentários dos outros grupos e preparação de uma encenação, por exigir um nível maior de imersão do grupo na ideia para que consigam identificar pontos que ainda precisam ser melhorados (30’), e, em seguida, apresentação final das ideias e discussão final (20’).</p>
0:10	Encerramento	Agradecimento final a todos os participantes e empresas envolvidas e reflexão sobre a abordagem.

Fonte: elaborado pelo autor.

³⁴ Canvas de inovação da empresa MJV, disponível em <http://conteudo.mjv.com.br/toolkit-canvas-de-inovacao> acessado em Dezembro de 2018.