



Trabalho Final de Mestrado em Engenharia Civil
Modalidade: Dissertação

**Elaboração de Indicadores e Uso de Ferramentas de Controle da
Qualidade na Execução de Obras Prediais**

Autor: Marcela Quintanilha Borges da Rocha

Orientador: Cyro Alves Borges Junior
Co-orientador: Maria Elizabeth da Nóbrega Tavares

Centro de Tecnologia e Ciências
Faculdade de Engenharia
PGECIV – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Maio 2007

**Elaboração de Indicadores e Uso de Ferramentas de Controle da
Qualidade na Execução de Obras Prediais**

Marcela Quintanilha Borges da Rocha

Dissertação apresentada ao PGE CIV - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, como parte requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. Ênfase: Estruturas.

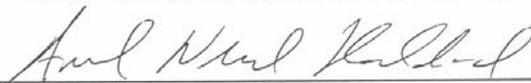
Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada



Prof. Cyro Alves Borges Junior, DSc – Presidente
Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ



Prof. Maria Elizabeth da Nóbrega Tavares, DSc
Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ



Prof. Assed Naked Haddad, DSc
~~Universidade Federal do Rio de Janeiro - UERJ~~



Prof. José Glenio Medeiros de Barros, DSc
Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Maio de 2007.

ELABORAÇÃO DE INDICADORES E USO DE FERRAMENTAS DE CONTROLE DA
QUALIDADE NA EXECUÇÃO DE OBRAS PREDIAIS

Ficha Catalográfica

ROCHA, MARCELA QUINTANILHA BORGES DA

Elaboração de Indicadores e Uso de Ferramentas de Controle da Qualidade na Execução de Obras Prediais [Rio de Janeiro] 2007.

xxii , 193 p. 29,7 cm (FEN/UERJ, Mestrado, PGECIV - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - Área de Concentração: Estruturas, 2006.)

v, 193 f.: il. ; 30 cm

Dissertação - Universidade do Estado do Rio de Janeiro
- UERJ

1. Introdução
2. Revisão da Literatura
3. Proposição Metodológica
4. Utilização dos Indicadores de Qualidade
5. Conclusões

I. FEN/UERJ II. Título (série)

Quero dedicar este trabalho a Deus e a Nossa Senhora pelo presente a mim concedido nesta vida: três pessoas que, como anjos, estão sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis. Saibam meu Pai e minha mãe que vocês sempre foram a minha inspiração e você meu Marido é a fonte das minhas forças.

Agradecimentos

Gostaria de registrar os mais sinceros agradecimentos a todas as pessoas que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho. De forma especial, agradeço:

Em primeiro lugar ao amigo e orientador professor Cyro Alves Borges Junior, pela forma com que conduziu a orientação desta dissertação. Pela atenção, paciência e confiança. Posso dizer que nunca vou esquecer das palavras de incentivo e da compreensão nos momentos em que eu mais precisava. Professor Cyro o senhor foi com toda a certeza aquela "*luz durante todo o túnel*". Muito Obrigada por tudo!!!

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - PGECIV, pela oportunidade de realizar este curso.

Aos professores do PGECIV pela presteza em todos os momentos deste trabalho. Em especial a professora Maria Elizabete pela inestimável colaboração e amizade.

Aos funcionários do PGECIV, em especial aos amigos Márcia e Rodolfo.

À FAPERJ pela bolsa de estudos que possibilitou a minha total dedicação no desenvolvimento dessa dissertação.

Aos colegas do curso de mestrado, em especial aos amigos Damásia pelo apoio e intermináveis horas de estudo e Bruno Lima pelo auxílio nos momentos conclusivos deste trabalho.

Aos meus familiares que sempre me incentivaram e apoiaram.

Ao meu sogro Narciso e minha sogra Sueli, por toda a ajuda ao tomar conta de dois anjinhos.

A minha irmã Tatiana, por todo o amor e carinho, onde mesmo estando tão longe sempre me ajudou com palavras de incentivo e com o suporte tecnológico, que muito auxiliou no decorrer deste estudo.

Aos meus filhos Letícia e Daniel que hoje são o grande incentivo para a minha vida.

Ao Marcelo, meu marido e grande amigo, por toda a ajuda para a concretização deste e de tantos outros planos. Por suas férias perdidas, tomar conta das crianças e outras incontáveis realizações que sempre auxiliaram na elaboração deste trabalho. Por muitas vezes ter abdicado de seus sonhos para que eu pudesse concretizar os meus. Por estar sempre a meu lado, me incentivando e ajudando a percorrer caminhos muitas vezes difíceis.

Aos meus pais Manoel e Odicéa, por toda a ajuda, amor e dedicação que sempre tiveram com suas duas filhas. Por todo o sacrifício de vida que proporcionou que eu e minha irmã pudéssemos nos dedicar aos estudos. Por sempre me fazer acreditar em meu potencial e torcer incondicionalmente por minha vitória. Amo Vocês!!!!

A Deus que em muitos momentos me carrega em seus braços.

Resumo

Rocha, Marcela Quintanilha Borges da; Alves Borges, Cyro. Junior., (Orientador). **Elaboração de indicadores e uso de ferramentas de controle da qualidade na execução de obras prediais.** Rio de Janeiro, 2007. 193p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Este trabalho propõe uma adaptação na metodologia de utilização dos indicadores da qualidade, em conjunto com as ferramentas da qualidade, a fim de obter melhorias no processo construtivo predial. Pretende-se elevar o nível de controle na chegada dos materiais à obra para a construção da superestrutura de concreto armado moldadas *in loco* e eliminar gradativamente as não-conformidades nas peças acabadas nesta etapa construtiva por meio dos princípios do controle de qualidade e dando ênfase ao ciclo PDCA. As ferramentas da qualidade são utilizadas na indústria, especialmente no setor automobilístico, onde auxiliam no rastreamento e eliminação das causas de não-conformidade ocorridas em seus produtos. Estas ferramentas permitem também um acompanhamento dos resultados, a fim de reduzir custos e aumentar a qualidade e confiabilidade dos produtos. Contudo, na indústria da construção civil do Brasil ainda são pouco utilizadas onde, aliadas aos princípios da qualidade e a utilização de indicadores de qualidade, identificam as fontes geradoras de não-conformidades no produto final auxiliando na eliminação incremental dos desperdícios e conseqüentemente nos atrasos e redução de custos nas construções. Os resultados do estudo mostram que, o uso de indicadores da qualidade em conjunto com as ferramentas da qualidade torna possível implantar um fluxo de atividades de controle, que permite rastrear as causas de não-conformidade na fase de execução da superestrutura predial de concreto armado.

Palavras-chave: Indicadores da qualidade; ferramentas da qualidade; construção civil; edificações.

Abstract

Rocha, Marcela Quintanilha Borges da; Alves Borges, Cyro Junior (Advisor). Preparation of indicators and usage on the quality control tools on the building construction. Rio de Janeiro, 2007. 193p. MsC. Dissertation – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

This work proposes an adaptation in the methodology of the quality, together with the tools of the quality, in order to obtain improvements in building construction process. The intention is to elevate the control level in the delivery of the materials to the work for the construction of the superstructure of reinforced concrete moulded in loco and to eliminate the no-conformities gradually in the pieces ended in this constructive stage through the beginnings of the quality control and giving emphasis to the cycle PDCA. The tools of the quality are used in the industry, especially in the automobile section, where they help in the search of and elimination of the no-conformity causes happened in their products. These tools also allow an attendance of the results, in order to reduce costs and to increase the quality and reliability of the products. However, they are still little used in the building construction industry in Brazil where, allied to the quality principles and the use of quality indicators, they identify the generating sources of no-conformities in the final product helping in the incremental elimination of the wastes and consequently in the delays and reduction of costs in the constructions. The results of the study show that, the use of quality indicators together with the tools of the quality turns possible to implant a flow of activities control, which it allows to track the no-conformity causes in the phase of reinforced concrete superstructure execution.

Key-words: Quality indicators, quality tools, civil construction, constructions.

Sumário

1. Introdução	18
1.1. Objetivos do Estudo	19
1.1.1. Objetivos Específicos	20
1.2. Delimitação do Estudo.....	20
1.3. Estrutura da Dissertação.....	21
2. Revisão da Literatura	23
2.1. Controle de Qualidade e Produtividade.....	23
2.1.1. Introdução sobre a gestão da qualidade.....	23
2.1.2. O Termo Qualidade.....	25
2.1.3. Gerenciamento da Qualidade	26
2.1.4. Avaliação da qualidade	35
2.2. Qualidade no Setor da Construção Civil	37
2.2.1. Considerações iniciais sobre a construção civil.....	37
2.2.2. A importância da construção civil no Brasil.....	39
2.2.3. Características peculiares à construção civil que influem na qualidade.....	40
2.2.4. Os problemas relacionados à implantação da gestão da qualidade	41
2.2.5. As perdas relacionadas ao processo	43
2.2.6. Importância da medição de desempenho para a melhoria da qualidade relacionada ao processo construtivo	44
2.3. Processo Construtivo para Execução da Superestrutura em Concreto Armado	46
2.3.1. Fôrmas	49
2.3.1.1. Pedido de compras	50
2.3.1.2. Recebimento e inspeções de chapas de madeira compensada	51
2.3.1.3. Armazenamento	52
2.3.1.4. Execução das fôrmas.....	54
2.3.2. Armação	56
2.3.2.1. Pedido de compras	57
2.3.2.2. Recebimento e inspeções das barras de aço.....	58
2.3.2.3. Armazenamento	59
2.3.2.4. Execução das armaduras.....	59
2.3.3. Concretagem.....	62
2.3.3.1. Pedido de compras	62

2.3.3.2. Recebimento e inspeções do concreto	63
2.3.3.3. Concretagem das peças	64
2.4. Ferramentas da Qualidade	66
2.4.1. Folha de Verificação.....	66
2.4.2. Fluxograma	73
2.4.3. Histograma	75
2.4.4. Diagrama de Pareto	79
2.4.5. Diagrama de Dispersão.....	85
2.4.6. Diagrama de Causa e Efeito	90
2.4.7. Gráficos de Controle	92
2.5. Ciclo PDCA	99
2.6. Indicadores da Qualidade e Produtividade	103
2.6.1. Definições de sistemas de indicadores de Qualidade e Produtividade	106
2.6.1.1. Primeira definição de Indicador de Qualidade e Produtividade	106
2.6.1.2. Segunda definição de Indicador de Qualidade e Produtividade.....	114
2.6.1.3. Terceira definição de Indicador de Qualidade e Produtividade	116
2.7. Análise dos Indicadores Relevantes à Pesquisa	118
2.7.1. Primeiro Conjunto de Indicadores	118
2.7.1.1. Indicador 1.....	118
2.7.1.2. Indicador 2.....	119
2.7.1.3. Indicador 3.....	120
2.7.1.4. Indicador 4.....	120
2.7.1.5. Indicador 5.....	121
2.7.2. Segundo Conjunto de Indicadores	122
2.7.2.1. Empresa 1	122
2.7.2.2. Empresa 2	124
2.7.2.3. Empresa 3	126
2.7.2.4. Empresa 4	126
2.7.3. Terceiro Conjunto de Indicadores	128
2.7.3.1. Indicador 1	129
2.7.3.2. Indicador 2.....	130
3. Proposição Metodológica	132
3.1. Considerações Gerais	132
3.2. Indicação da Utilização dos Indicadores Sugeridos no Estudo.....	135
3.3. Formulação dos Indicadores da Qualidade Realizada no Estudo	137
3.4. Avaliação dos Resultados.....	138

4. Utilização dos Indicadores de Qualidade e Produtividade em Conjunto com a Aplicação das Ferramentas da Qualidade na Execução da Superestrutura de Concreto Armado Predial.....	139
4.1. O Acompanhamento da Execução da Estrutura.....	139
4.1.1. Chapas de madeira compensadas para fôrmas.....	141
4.1.2. Barras de aço para armadura.....	148
4.1.3. Concretagem das peças.....	153
4.2. Definição dos Indicadores.....	158
4.2.1. Índice de não-conformidade na entrega de materiais - <i>INCE</i>	158
4.2.1.1. Folha de verificação de não-conformidades detectadas no ato da entrega dos materiais à obra.....	159
4.2.1.2. Estrutura do Índice não-conformidade na entrega dos materiais.....	160
4.2.1.3. Cálculo do Índice de não-conformidade na entrega de materiais.....	161
4.2.2. Índice de solicitações incorretas - <i>ISI</i>	162
4.2.2.1. Folha de verificação para solicitações incorretas por parte do setor de compras.....	162
4.2.2.2. Estrutura do Índice de solicitações incorretas.....	163
4.2.2.3. Cálculo do Índice de solicitações incorretas.....	164
4.2.3. Índice de pedidos entregue com atraso - <i>IPEA</i>	164
4.2.3.1. Folha de verificação do Índice de pedidos entregue com atraso.....	165
4.2.3.2. Estrutura do Índice de pedidos entregue com atraso.....	166
4.2.3.3. Cálculo do Índice de pedidos entregue com atraso.....	166
4.2.4. Índice de Notas Fiscais incorretas - <i>INOI</i>	167
4.2.4.1. Folha de verificação do Índice de Notas Fiscais incorretas.....	167
4.2.4.2. Estrutura do Índice de Notas Fiscais incorretas.....	167
4.2.4.3. Cálculo do Índice de Notas Fiscais incorretas.....	168
4.2.5. Índice de matérias-primas não-conformes – <i>IMANC</i>	169
4.2.5.1. Folha de verificação do Índice de matérias-primas não-conformes.....	169
4.2.5.2. Estrutura do Índice de matérias-primas não-conformes.....	169
4.2.5.3. Cálculo do Índice de matérias-primas não-conformes.....	170
4.2.6. Índice de correção de fôrmas - <i>ICOF</i>	171
4.2.6.1. Folha de verificação do Índice de correção de fôrmas.....	171
4.2.6.2. Estrutura do índice de correção de fôrmas.....	172
4.2.6.3. Cálculo do índice de correção de fôrmas.....	172
4.2.7. Índice de correção das armaduras de aço – <i>ICAA</i>	173
4.2.7.1. Folha de verificação do Índice de correção das armaduras de aço.....	173
4.2.7.2. Estrutura do Índice de correção das armaduras de aço.....	174
4.2.7.3. Cálculo do Índice de correção das armaduras de aço.....	174
4.2.8. Índice de não-conformidades nas peças - <i>INCP</i>	175
4.2.8.1. Folha de verificação de não-conformidades nas peças de concreto armado acabadas.....	175

4.2.8.2. Estrutura do Índice de não-conformidades nas peças.....	176
4.2.8.3. Cálculo do Índice de não-conformidades nas peças	176
4.3. Aplicação do Ciclo PDCA à Execução de Obras Prediais	177
4.3.1. “P” - Planejar	177
4.3.2. “D” - Executar	179
4.3.3. “C” - Verificar	179
4.3.4. “A” - Atuar.....	180
4.4. Relação das Ferramentas com os Indicadores da Qualidade Implementados no Ciclo PDCA	180
5. Conclusões	185

Lista de Figuras

Figura 2.1 – Fluxograma de melhoria da qualidade.....	23
Figura 2.2 – Produção vista como sistema.....	24
Figura 2.3 – Pessoal ocupado no setor da construção (milhões de pessoas).....	39
Figura 2.4 – Déficit habitacional - Brasil (milhões de pessoas).....	40
Figura 2.5 – Setores da gestão de qualidade na aquisição de materiais.....	48
Figura 2.6 – Folha de Verificação para itens defeituosos.....	69
Figura 2.7 – Folha de Verificação para distribuição do processo produtivo.....	70
Figura 2.8 – Folha de Verificação para itens defeituosos.....	71
Figura 2.9 – Folha de Verificação para itens defeituosos.....	72
Figura 2.10 – Histograma.....	78
Figura 2.11 – Tipos de Histograma.....	79
Figura 2.12 – Gráfico de Pareto por itens defeituosos.....	83
Figura 2.13 – Diagrama de Dispersão da Tabela 2.10 - Correlação linear positiva.....	86
Figura 2.14 – Diagrama de Dispersão da Tabela 2.10 com linha de tendência - Correlação linear positiva.....	87
Figura 2.15 – Diagrama de Dispersão - Correlação linear negativa.....	87
Figura 2.16 – Diagrama de Dispersão com linha de tendência - Correlação linear negativa.....	88
Figura 2.17 – Diagrama de Dispersão - Correlação linear nula.....	88
Figura 2.18 – Diagrama de Causa e Efeito.....	90
Figura 2.19 – Gráfico de Controle de um processo sob controle.....	95
Figura 2.20 – Gráfico de Controle de um processo fora controle.....	96
Figura 2.21 – Gráfico de Controle de um processo fora controle.....	96
Figura 2.22 – Ciclo PDCA de controle de processos.....	100
Figura 2.23 – Exemplos de relação do indicador com o ambiente de avaliação.....	112
Figura 2.24 – Exemplo de estrutura dos indicadores.....	113
Figura 2.25 – Resumo sobre a natureza dos indicadores.....	113
Figura 2.26 – Características principais sobre os indicadores em relação aos ambientes de produção.....	114
Figura 2.27 – Principais elementos da estrutura para definição das medidas de desempenho.....	115
Figura 2.28 – Definição do Indicador DEMIF/1000.....	118
Figura 2.29 – Definição do indicador PPM.....	120
Figura 2.30 – Definição do indicador Bom Direto.....	120
Figura 2.31 – Definição do indicador de Eficácia das ações dos fornecedores.....	121
Figura 2.32 – Definição do indicador de Perturbação da Borda de Linha.....	121
Figura 2.33 – Índice de não-conformidades utilizado na empresa 1.....	122
Figura 2.34 – Indicador utilizado para a avaliação do fornecedor utilizado na empresa 1.....	123
Figura 2.35 – Indicador utilizado para a solicitação fora do prazo utilizado na empresa 1.....	123

Figura 2.36 – Indicador utilizado para a entrega de materiais utilizado na empresa 1	124
Figura 2.37 – Índice de não-conformidades utilizado na empresa 2	124
Figura 2.38 – Índice de retrabalho utilizado na empresa 2.....	125
Figura 2.39 – Número de incompatibilidade entre projetos por mês utilizado na empresa 2.....	125
Figura 2.40 – Índice de não-conformidades utilizado na empresa 3	126
Figura 2.41 – Índice de não-conformidades utilizado na empresa 4	126
Figura 2.42 – Indicadores para a gestão da produção	128
Figura 3.1 – Abordagens da revisão bibliográfica.....	132
Figura 3.2 – Seqüência de escolha das fases para a pesquisa.	134
Figura 3.3 – Fluxograma de seqüência de atividades	135
Figura 3.4 – Conformidades relacionadas à entrega dos materiais na obra.....	136
Figura 3.5 – Critérios para Formulação dos Indicadores.....	138
Figura 4.1 – Fluxograma da chegada de materiais e as inspeções consideradas.....	140
Figura 4.2 – Fluxograma de seqüência da chegada de chapas de compensado à obra com as verificações e indicadores utilizados.....	143
Figura 4.3 – Indicadores utilizados para entrega de materiais com atraso no fornecimento de chapas de compensado.....	144
Figura 4.4 – Indicadores utilizados para ocorrência de não-conformidade na Nota Fiscal no fornecimento de chapas de compensado.....	145
Figura 4.5 – Indicadores utilizados na inspeção de conformidade no fornecimento de chapas de compensado.....	146
Figura 4.6 – Fluxograma de seqüência de verificações na chegada de aço à obra e dos indicadores utilizados.....	149
Figura 4.7 – Indicadores utilizados para entrega de materiais com atraso no fornecimento de aço.	150
Figura 4.8 – Indicadores utilizados para Notas Fiscais incorretas no fornecimento de aço.....	150
Figura 4.9 – Indicadores utilizados para entrega de materiais não-conformes no fornecimento de aço.	151
Figura 4.10 – Fluxograma de seqüência da chegada de concreto usinado à obra com as verificações e indicadores utilizados.....	154
Figura 4.11 – Indicadores utilizados para entrega de materiais com atraso para o fornecimento de concreto.....	155
Figura 4.12 – Indicadores utilizados para Notas Fiscais incorretas para o fornecimento de concreto.	157
Figura 4.13 – Folha de verificação de não-conformidade detectada no ato de entrega dos materiais.	159
Figura 4.14 – Estrutura do Índice de não-conformidade na entrega de materiais.....	160
Figura 4.15 – Folha de verificação de solicitações incorretas.....	163
Figura 4.16 – Estrutura do Índice de solicitações incorretas.....	163
Figura 4.17 – Folha de verificação de não-conformidades por responsabilidade do fornecedor.....	165
Figura 4.18 – Estrutura do Índice de pedido entregue com atraso.....	166

Figura 4.19 – Estrutura do Índice de Notas Fiscais incorretas.	168
Figura 4.20 – Estrutura do Índice de matérias-prima não-conformes.....	170
Figura 4.21 – Folha de verificação do Índice de correção de fôrmas.....	171
Figura 4.22 – Estrutura do Índice de correção de fôrmas.....	172
Figura 4.23 – Folha de verificação de correção das armaduras de aço.....	173
Figura 4.24 – Estrutura do Índice de correção das armaduras de aço.....	174
Figura 4.25 – Folha de verificação de não-conformidades nas peças acabadas.....	175
Figura 4.26 – Estrutura do Índice de não-conformidades nas peças.	176

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – Limites de tolerância aconselhados e verificações a serem executadas para o recebimento das chapas de compensado.	53
Tabela 2.2 – Execução de fôrmas de madeira para estruturas de concreto armado – fabricação.	54
Tabela 2.3 – Execução de fôrmas de madeira para estruturas de concreto armado – montagem e desforma.....	55
Tabela 2.4 – Execução das armaduras de aço para estruturas de concreto armado – Fabricação.	61
Tabela 2.5 – Método de avaliação do processo de concretagem	65
Tabela 2.6 – Dados originais para obtenção do Histograma.....	77
Tabela 2.7 – Tabela de frequência.	77
Tabela 2.8 – Folha de contagem de dados ou Folha de verificação.	81
Tabela 2.9 – Planilha de dados para elaboração do Diagrama de Pareto.	82
Tabela 2.10 – Dados para obtenção do Diagrama de Dispersão para relação entre altura e peso de um grupo de indivíduos.	86
Tabela 4.1 – Resumo dos Indicadores Utilizados.....	177
Tabela 4.2 – Utilização das ferramentas e dos indicadores da qualidade dentro da metodologia PDCA	183

Lista de Símbolos

r	Coeficiente de correlação linear de Pearson
σ	Desvio padrão

Lista de Abreviaturas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEP	Controle estatístico do processo
ICAA	Índice de correção das armaduras de aço
ICOF	Índice de correção de fôrmas
IMANC	Índice de matérias-primas não-conformes
INCE	Índice de não-conformidade na entrega de materiais
INCP	Índice de não-conformidades nas peças
INOI	Índice de Notas Fiscais incorretas
IPEA	Índice de pedidos entregue com atraso
ISI	Índice de solicitações incorretas
LC	Linha central
LCI	Limite de controle inferior
LCS	Limite de controle superior
NBR	Norma Brasileira
NORIE	Núcleo Orientado para a Inovação na Edificação

1. Introdução

Para suprir a crescente expectativa dos consumidores em relação à qualidade dos produtos e serviços, as organizações precisam investir, cada vez mais, em sistemas de gestão de qualidade a fim de garantir sua permanência no mercado.

A economia global apresenta uma nova ordem, onde as empresas do mundo inteiro competem acirradamente numa busca descomedida pelos clientes, a fim de ampliar a remuneração do capital. Neste contexto, a competitividade é condição básica de sobrevivência, sujeitando as empresas a adaptarem-se às mudanças impostas pelo mercado (FRANCO 2005).

Lantelme (1994) afirma que o mercado consumidor brasileiro está cada vez mais exigente quanto à qualidade dos produtos e serviços, levando as empresas a elevar os níveis de desempenho através da implantação de programas de melhoria da qualidade e produtividade.

A engenharia civil é um ramo de grande amplitude dentro da engenharia, desenvolvendo diversas atividades em benefício da civilização. Essa importância fica evidente quando atentamos para algumas características como a significativa participação no PIB (COLOMBO E BAZZO, 2007).

Romano (2007) concorda que a indústria da construção civil é um importante setor da economia brasileira. Ele afirma que este setor é revestido de dupla importância social: Faz uso de mão-de-obra intensiva, o que o torna uma valiosa fonte de empregos e é responsável por edificar moradias habitacionais, função associada a uma das necessidades básicas do ser humano, a de proteção. Desta forma os estudos sobre este setor também ganham importância, sob o ponto de vista social.

Para Navarro (2005) a construção civil tem passado por mudanças almejando elevar a qualidade relacionada a seus processos produtivos.

O ambiente estável e globalizado traduz-se, atualmente, em um mercado onde ações como: o aumento da produtividade, a implantação de inovações tecnológicas, a redução desperdícios, a racionalização dos processos produtivos se tornam ferramentas de competitividade.

Nesse sentido a qualidade experimentou uma grande evolução, sobretudo nos últimos cem anos. Esta evolução pode ser analisada conforme seu contexto no ocidente, no Japão e no mundo como um todo (VAQUELI, 2003).

Para Franco (2005), a busca constante da melhoria contínua por meio da gerência dos processos ao longo da cadeia de valor possibilita tanto a visualização das atividades

que agregam valor quanto à eliminação daquelas que não agregam valor, fator extremamente importante para o aperfeiçoamento da estrutura organizacional.

Vaqueli (2003) afirma que se vive hoje o cenário da busca pela Qualidade Total nas empresas como fator de sobrevivência e competitividade.

Os problemas relacionados à qualidade e produtividade no setor de construção civil no Brasil são, cada vez mais, alvos de pesquisas e discussões, gerando uma tendência ao crescimento de métodos de avaliação e acompanhamento de problemas relacionados à não-conformidade dos produtos e serviços neste setor.

Neste sentido Costa (2003) afirma que os sistemas de medição de desempenho vêm ampliando seu papel nas organizações, incorporando-se cada vez mais ao gerenciamento do negócio. Os mesmos tornam-se parte integrante da implementação da estratégia e da avaliação de desempenho tanto de recursos humanos quanto da competitividade das empresas em relação ao seu mercado de atuação.

Verificou-se então a necessidade de realizar uma pesquisa sobre os indicadores e ferramentas da qualidade que pudessem ser utilizados pelo setor de construção. Essa utilização buscou obter uma alternativa oriunda da indústria automobilística que auxiliasse a indústria da construção civil a rastrear e eliminar os problemas relacionados à baixa de qualidade e produtividade relacionadas ao setor.

Costa (2006) ressalta que a preocupação com a melhoria da qualidade do produto deve ter início desde a produção da matéria prima até a entrega ao cliente final, segundo o estilo japonês de controle de qualidade.

Sendo assim, será analisada uma forma de utilização do uso de sistemas de medição aliada a utilização das ferramentas e princípios da qualidade implantados no ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Action*) que possa auxiliar na obtenção de melhorias de forma incremental no processo construtivo.

Para o estudo proposto, sobre melhorias no sistema de construção, relacionam-se a qualidade do produto quanto as não-conformidades encontradas nas peças prontas de concreto armado ao atendimento das especificações geométricas, ausência de falhas superficiais, retrabalhos na montagem e devolução de matérias primas.

1.1. Objetivos do Estudo

O presente estudo tem por objetivo propor diretrizes para a concepção, implantação e utilização de um sistema de indicadores que auxiliem na tomada de decisão sobre as

ações corretivas que devem ser executadas nas etapas de construção da superestrutura em concreto armado moldadas *in loco*.

Em conjunto com os indicadores a pesquisa verificará quais princípios e ferramentas da qualidade, utilizadas na indústria automobilística, podem ser adaptadas ao uso na etapa de construção de vigas, pilares e lajes de concreto armado. Desta forma pretende-se realizar melhorias no processo por meio do rastreamento e eliminação incremental das não-conformidades.

1.1.1. Objetivos Específicos

As não-conformidades no processo construtivo a serem avaliadas fazem parte do recebimento de materiais e nas fases de execução da construção das peças em concreto armado nas seguintes etapas: confecção e colocação no local das fôrmas para o molde das peças de concreto armado; o corte, armação e colocação no local de utilização das armações de aço e a concretagem das peças com concreto usinado.

Pretende-se, desta forma, avaliar algumas questões, quais sejam:

- Indicar, por meio de indicadores de qualidade, quais os fornecedores de materiais envolvidos no processo de construção que podem melhorar seus serviços.
- Indicar quais as ferramentas da qualidade que podem ser utilizadas para garantir a gestão de qualidade no fornecimento de materiais.
- Indicar, por meio de indicadores de qualidade, quais os processos que não estão sob controle, necessitando de acompanhamento para melhorar seu desempenho.
- Indicar quais as ferramentas de qualidade que podem ser utilizadas para garantir a gestão de qualidade no processo construtivo da referida etapa construtiva.

1.2. Delimitação do Estudo

Para o presente estudo serão apresentadas as ferramentas de controle da qualidade utilizadas na indústria visando incluí-las no processo de melhorias do ciclo PDCA, a fim de auxiliar no controle de qualidade de uma etapa de construção. Para isso serão analisados alguns indicadores de qualidade e produtividade que possam auxiliar na identificação dos pontos onde se deve atuar para a melhoria do processo construtivo.

O estudo ficou compreendido a:

- Avaliar as características e o controle de não-conformidades das peças de concreto armado moldadas *in loco*: pilares, vigas e lajes, desde a montagem das fôrmas, corte e montagem das ferragens na obra até a concretagem feita a partir de caminhões betoneiras.
- Identificar as ocorrências de não-conformidades na entrega dos principais materiais para a execução da etapa construtiva em questão, a fim de eliminá-las gradativamente junto aos fornecedores e aos setores da empresa que possam gerá-las.

A pesquisa não engloba:

- As áreas de apoio a esta etapa construtiva.
- As etapas anteriores, como a etapa de fundação e posteriores desta fase da obra, como a elevação da alvenaria, as instalações elétricas, hidráulicas, sanitárias e telefônicas e a parte de acabamento da edificação.

1.3. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação foi estruturada em cinco capítulos organizados da seguinte forma:

O Capítulo 1 tem caráter introdutório contendo informações relevantes para a compreensão inicial do estudo. Para isso são apresentadas as considerações iniciais, os objetivos e objetivos específicos do estudo, a delimitação do estudo e a estrutura da dissertação.

O Capítulo 2 consta da revisão Bibliográfica sobre a questão da qualidade no setor da construção civil predial e as considerações sobre o processo construtivo relevante para a pesquisa. Aborda também a revisão bibliográfica sobre a gestão da qualidade, a partir de alguns conceituados autores relacionados à gestão da qualidade. Foi realizada a revisão bibliográfica relacionada a importantes pontos para a pesquisa: as ferramentas da qualidade e o ciclo PDCA. A revisão sobre os indicadores da qualidade procurou verificar na literatura quais os indicadores de qualidade que são utilizados em outros setores e aqueles que já são utilizados na indústria da construção civil que pudessem contribuir com a melhoria da qualidade através de sua utilização ou adaptação ao processo construtivo. Foi realizada ainda uma análise de como alguns indicadores encontrados no setor da construção civil e na indústria poderiam se comportar na referida fase construtiva.

O Capítulo 3 descreve a metodologia aplicada para a adaptação da utilização dos indicadores e ferramentas da qualidade no processo de construção da superestrutura de concreto armado predial.

O Capítulo 4 apresenta o desenvolvimento da pesquisa, onde se realizou uma adaptação dos indicadores de qualidade e produtividade para a utilização em conjunto com as ferramentas da qualidade na execução da superestrutura de concreto armado predial de modo que pudessem contribuir de forma incremental com melhorias no processo construtivo. Nesse capítulo ainda discute-se como essa metodologia pode ser aplicada ao controle de qualidade por meio do ciclo PDCA.

O capítulo 5 é dedicado às conclusões e considerações finais, assim como as recomendações para trabalhos futuros.

2. Revisão da Literatura

2.1. Controle de Qualidade e Produtividade

2.1.1. Introdução sobre a gestão da qualidade

A preocupação com a qualidade existe desde os tempos em que os chefes tribais, reis e faraós governavam. Inspetores aceitavam ou rejeitavam os produtos se estes não cumpriam as especificações governamentais (ROSSATO, 1996).

A partir da década de 20, os conceitos de qualidade têm sido desenvolvidos através de inúmeros estudos. Nas recentes décadas, a qualidade passou a ser tratada de forma mais sistêmica com integração ao ambiente, fornecedores e clientes. Enfim, tudo que afeta o sistema. O processo de produção tornou-se mais flexível, objetivando suprir as necessidades dos consumidores (ROSSATO, 1996).

Deming (1990) diz que a tempos atrás achava-se que qualidade e produtividade eram incompatíveis, ou seja ao se aumentar a qualidade do produto ver-se-ia a produtividade diminuir. Mais tarde verificou-se que, a melhoria da qualidade transferia o desperdício de tempo e matéria-prima para a fabricação de um bom produto com custos mais baixos.

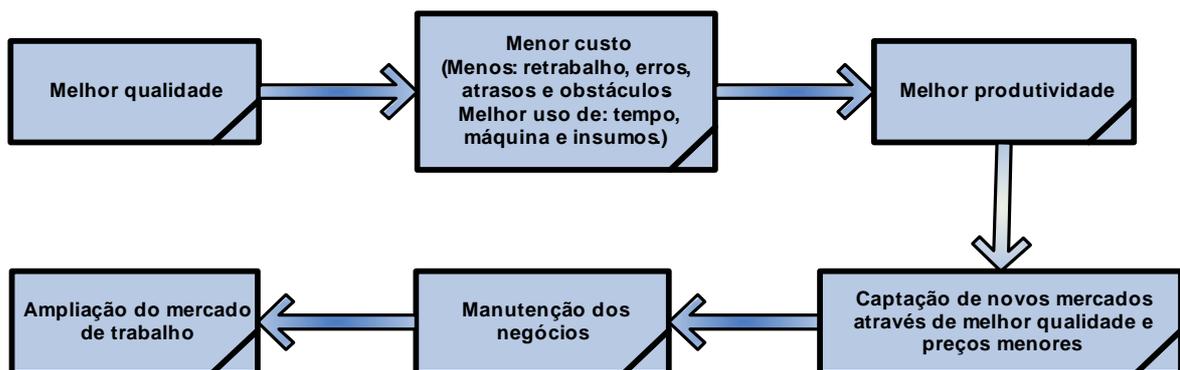


Figura 2.1 – Fluxograma de melhoria da qualidade.

Adaptado de Deming (1990)

Deming (1990) descreve que entre 1948 e 1949 houve o chamado “*Despertar no Japão*”, onde várias empresas japonesas verificaram que a melhoria da qualidade dá lugar, natural e inevitável, a um aumento de produtividade.

O Fluxograma da Figura 2.1 mostra uma reação em cadeia da melhoria da qualidade onde se observa que a idéia fundamental é a de que a melhoria da qualidade acarreta a diminuição dos custos, aumentando a produtividade do sistema. Desta forma se pode obter uma parcela maior do mercado consumidor, mantendo a empresa em atividade e gerando empregos.

Em meados de 1950 a reação em cadeia mostrada impregnou-se no Japão como um modo de vida. O Fluxograma da Figura 2.2 mostra como a melhoria da qualidade abrange toda a linha de produção, desde os insumos até o consumidor (DEMING, 1990).

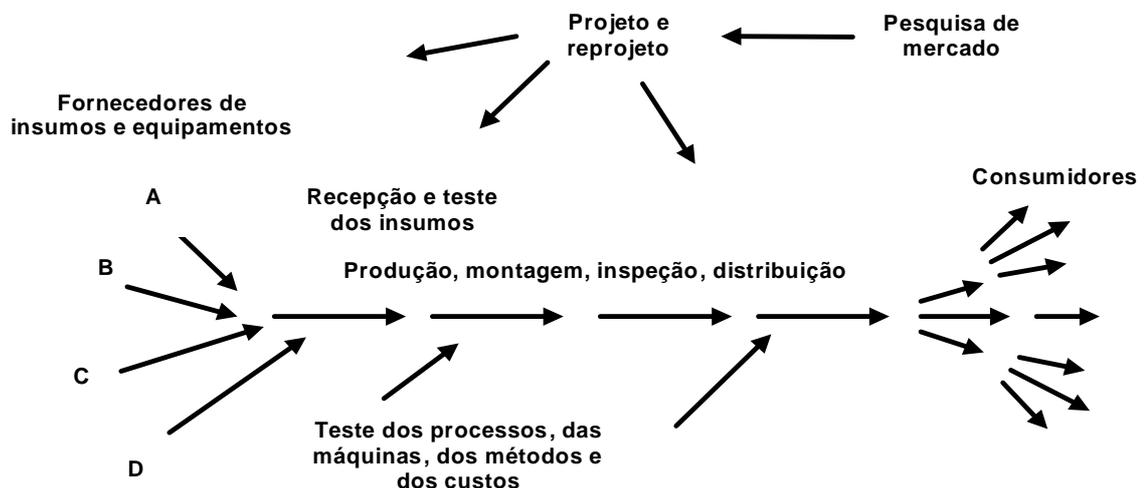


Figura 2.2 – Produção vista como sistema.

Adaptado de Deming (1990)

Percebe-se então que, todo o processo produtivo, desde o recebimento de insumos, passando pela produção, montagem, inspeção e distribuição até chegar ao consumidor final, incluindo os testes executados e verificações de projetos, deve estar voltado para a melhoria da qualidade, em suas respectivas etapas, a fim de também melhorar a qualidade do produto final.

2.1.2. O Termo Qualidade

Rossato (1996) afirma que a qualidade é hoje uma palavra chave muito difundida nas empresas: fácil de falar e difícil de fazer. Ao mesmo tempo, existe pouco entendimento do que vem a ser qualidade.

Para Paladini (2004) o conceito de qualidade envolve múltiplos itens, com diferentes níveis de importância e que centrar atenção exagerada em algum deles ou deixar de considerar outros pode fragilizar estrategicamente a empresa. Para ele, o conceito correto de qualidade deve envolver dois elementos:

- A qualidade deve ser considerada como uma multiplicidade de itens a serem considerados simultaneamente.
- A qualidade é um processo evolutivo, sofrendo alterações conceituais ao longo do tempo.

Já Deming (1990) afirma que a qualidade só pode ser definida em termos de quem a avalia, seja o consumidor final, o administrador da empresa que fabrica o produto ou o operário que o produz.

Percebe-se, portanto, que qualidade é aquilo que está relacionado com o usuário, que satisfaça as necessidades dos clientes, ou seja, o produto deve estar de acordo com suas expectativas, e em conformidade às especificações (ROSSATO, 1996).

A qualidade dificilmente pode ser definida com precisão, ela é uma característica que torna o produto aceitável, não pela análise feita, mas pela prática e muitas vezes pela experiência (ROSSATO, 1996).

Para Juran e Gryna (1991) a palavra qualidade tem vários significados, contudo é dominada por dois significados:

- A qualidade consiste nas características do produto que vão ao encontro das necessidades dos clientes e dessa forma proporcionam a satisfação em relação ao produto;
- A qualidade é a ausência de falhas.

Para entender melhor esses significados Juran e Gryna (1991) definem o produto como o resultado de qualquer processo e o cliente como uma pessoa que sofre o impacto do produto.

Rossato (1996) concorda que a definição da qualidade possui uma extrema diversidade de interpretações, onde se procura dar uma definição simples, para que seja assimilável a todos os níveis das organizações, precisa, para não gerar interpretações duvidosas, ao mesmo tempo que abrangente, para mostrar sua importância em todas as suas atividades produtivas.

Em Juran e Gryna (1991), Juran procurou resumir a qualidade de modo abrangente em termos de uma frase curta, de aceitação geral. Então ele sintetizou qualidade como sendo a “Adequação ao Uso” e descreveu parâmetros e características do produto e da qualidade que pudessem defini-la desta forma.

Paladini (2004) concorda que a adequação ao uso atende a ambos os aspectos de evolução e multiplicidade.

Contudo Rossato (1996) ressalta que a definição da qualidade não se aplica somente para as organizações comerciais. É também usada para qualquer tipo de empresa e mesmo para os indivíduos. O termo qualidade é tão abrangente que envolve não apenas as pessoas, mas também as funções, equipamentos, processos, fornecedores, distribuidores, clientes, etc., incluindo todos os aspectos de um produto, desde o desenvolvimento do projeto, recebimento de matéria-prima, produção, entrega e serviço pré e pós-vendas e tudo o que diz respeito do verdadeiro valor para o consumidor.

Rossato (1996) cita outros autores que deram suas definições de qualidade, onde se destacam:

"Qualidade é a correção dos problemas e de suas causas ao longo de toda a série de fatores relacionados com marketing, projetos, engenharia, produção e manutenção, que exercem influência sobre a satisfação do usuário" (FEIGENBAUM, 1994 apud ROSSATO, 1996).

"Qualidade é a conformidade do produto às suas especificações." As necessidades devem ser especificadas, e a qualidade é possível quando essas especificações são obedecidas sem ocorrência de defeito (CROSBY, 1986 apud ROSSATO, 1996)

"Qualidade é desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto que é mais econômico, mais útil e sempre satisfatório para o consumidor" (ISHIKAWA, 1993; apud ROSSATO, 1996).

Entretanto Paladini (2004) alerta que se deve tomar cuidado com a definição dada a palavra qualidade. Ele explica que como a questão da qualidade faz parte do dia-a-dia das pessoas, não se pode identificar e delimitar seu significado com precisão e que como o termo qualidade é um termo considerado de domínio público, amplamente conhecido, qualquer que seja a definição proposta, espera-se que não contrarie a noção intuitiva que se tem sobre.

2.1.3. Gerenciamento da Qualidade

A qualidade total tem exercido um papel relevante nos ganhos de vantagens competitivas e sobrevivência das empresas, pois, com o aumento da qualidade, cresce a

satisfação dos clientes, correspondendo a um maior lucro e participação no mercado (ROSSATO, 1996).

Para o NORIE (2007) a gestão da produção é um processo que objetiva o estabelecimento de um conjunto de ações que visam controlar a execução e propor melhorias no seu desempenho.

A implantação dos programas de gestão da qualidade tem como eixo a padronização, o controle e a melhoria dos processos, através da formalização e padronização dos procedimentos de execução e da monitorização e avaliação desses procedimentos. Desta forma as empresas objetivam um maior controle sobre a qualidade dos produtos e serviços gerados em direção à melhoria contínua (MELHADO, 2001 apud BERTEZINI, 2006).

Juran e Gryna (1991) afirmam que a administração para a qualidade se faz com a utilização dos mesmos processos administrativos de planejamento, controle e aperfeiçoamento. Eles explicam que o conceito é o mesmo utilizado para a administração financeira, sendo somente os procedimentos e os instrumentos especiais para esta abordagem.

A trilogia da qualidade é assim definida por Juran e Gryna (1991):

- Planejamento da qualidade

O planejamento da qualidade é uma atividade que envolve o planejamento do produto de forma que venha a atender as necessidades dos clientes, envolvendo uma série de etapas que podem ser consideradas universais.

Primeiro determina-se quem são os clientes e então quais as suas necessidades. Definidas as necessidades são desenvolvidas características para os produtos e processos capazes de produzir estes produtos. Por fim são transferidos os resultados do planejamento para os grupos operativos.

- Controle da qualidade

O controle da qualidade é um processo que consiste em: avaliar o desempenho operacional real, comparar o desempenho real com os objetivos e agir com base nas diferenças. Esse processo é utilizado como auxílio para atender aos objetivos do processo e do produto.

- Aperfeiçoamento da qualidade

O aperfeiçoamento da qualidade tem por objetivo atingir níveis de desempenho sem precedentes.

O controle do processo de produção passou por várias fases ao longo das décadas.

Segundo Feigenbaum (1994) apud Rossato (1996), a evolução da qualidade pode ser analisada sob várias etapas como:

- Controle da qualidade pelo operador - Onde cada um controlava a qualidade de seu serviço.
- Controle da qualidade pelo supervisor - Onde um supervisor assumia a responsabilidade da qualidade.
- Controle da qualidade por inspeção - Onde o controle era voltado a verificação dos materiais, peças, componentes, ferramentas e outros de acordo com padrões estabelecidos.
- Controle estatístico da qualidade - Onde se reconhece o conceito de variabilidade na indústria a partir de variações na matéria-prima, operários, equipamentos etc. A questão não era distinguir a variação e sim como separar as variações aceitáveis daquelas que indicassem problemas. Deste modo surgiu o Controle Estatístico da Qualidade, no sentido de prevenir e atacar os problemas. Surgiram também as sete ferramentas básicas da qualidade na utilização da produção: Fluxograma, Folha de Verificação, Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, Histograma, Diagrama de Dispersão e Carta de Controle.
- Controle da qualidade - Onde a qualidade passou de um método restrito para um mais amplo, o gerenciamento.

Desenvolveu-se também o conceito de garantia da qualidade, onde o controle associado ao processo não era mais o foco, mais sim a garantia relacionada a qualidade dos produtos e processos.

Costa (2006) concorda que a garantia da qualidade passou por vários estágios no decorrer dos anos e segundo ele estes estágios podem ser resumidos por:

- Garantia da qualidade orientada pela inspeção;
- Garantia da qualidade orientada pelo controle de processos;
- Garantia da qualidade com ênfase no desenvolvimento de novos produtos

Costa (2006) diz que estes estágios não se excluem, a diferença é a ênfase. Se uma empresa está no 3º estágio é porque ela já passou e continua mantendo os outros dois.

Procura-se desta forma estender a garantia da qualidade dos produtos a todas as fases do processo produtivo e abrangendo todas as pessoas envolvidas neste.

Paladini (2004) afirma que o processo produtivo foi o setor que registrou impacto mais visível na gestão da qualidade onde, segundo ele, parte-se do pressuposto que a qualidade deve ser gerada exatamente a partir das operações do processo produtivo.

Desta forma o esforço para agregar qualidade ao processo produtivo deu ênfase à busca das causas e não mais a atenção exclusiva aos efeitos. Sendo assim a viabilidade

para a gestão da qualidade no processo produtivo envolve a implantação de três etapas Paladini (2004):

- A eliminação de perdas;
- A eliminação das causas das perdas;
- A otimização do processo.

Sommer (1999) cita, com base em diversos autores, causas apontadas como principais dificuldades na manutenção dos programas da qualidade. Dentre elas pode-se destacar: a falta de foco estratégico, o não envolvimento da alta administração, o planejamento inadequado, o treinamento precário, a falta de medição do desempenho e a falta de métodos e técnicas.

Primeiramente, pode-se afirmar que o envolvimento da administração e objetivos bem traçados constituem a base para a obtenção e realização dos planos de melhoria da qualidade.

Se a alta gerencia não demonstrar interesse pela elevação da qualidade em seus produtos e serviços não haverá motivação para que a mão-de-obra leve adiante os planos de obtenção de melhorias.

De forma similar, se a empresa não tiver bem definido os objetivos que a levaram a implantação da gestão da qualidade, os funcionários não terão como saber o que se pretende obter em relação às melhorias.

O planejamento inadequado e a falta de treinamento para que a mão-de-obra execute as melhorias no processo produtivo de forma correta leva a gestão da qualidade ao fracasso.

Por fim os métodos e técnicas a serem implantados para a gestão da qualidade e a incorreta utilização e entendimento dos indicadores da qualidade podem gerar não-conformidades no processo produtivo e avaliações incorretas da gestão da qualidade.

Existem ainda outros pontos relevantes para o sucesso da implantação da gestão da qualidade como, por exemplo: O incentivo para que os funcionários promovam discussões sobre os objetivos e resultados do controle de qualidade para a obtenção de melhorias no processo, deixando claro que todas as opiniões podem ser expressas sem medo de represálias; A verificação se todos os envolvidos no processo compreendem perfeitamente as ferramentas e indicadores utilizados para as avaliações assim como os resultados fornecidos por estes; dentre outros. Alguns destes pontos serão apresentados adiante com a descrição dos princípios de Deming (1990).

Desta forma é importante lembrar que a obtenção para melhorias do processo produtivo e a implantação da gestão da qualidade total é um processo que requer o comprometimento e auxílio de todos os envolvidos na empresa.

Sommer (1999) afirma que muitos programas da qualidade falham, ou seja, por algum motivo são abandonados ou não alcançam os objetivos a que se propõem. O mesmo autor atribui este fato como um delimitador para a implantação de novos programas ou ações voltadas à qualidade e a melhoria contínua devido à descrença interna na organização.

Desta forma, o controle de qualidade visa eliminar todas as imperfeições existentes no sistema e no processo de produção. Devendo ser visto como uma atividade permanente com o envolvimento de todos operários na participação efetiva dos programas de melhoria da qualidade (ROSSATO, 1996).

Para Paladini (2004), a própria evolução do conceito de qualidade mostra que se saiu de uma situação em que o esforço pela qualidade resumia-se a atividade de inspeção, para um ambiente no qual a qualidade é definida da forma mais ampla e abrangente possível. Sendo assim, quando se menciona Gestão da Qualidade Total deseja-se, na verdade, lembrar que existe um novo modelo de gestão, baseado em um novo modelo de qualidade.

Paladini (2004) ainda diz que alguns autores criaram características específicas para identificar a gestão da qualidade total e que nesse sentido menciona-se a noção de melhoria contínua como sinônimo de qualidade total, o que confere uma especificidade própria a gestão da qualidade total.

No Japão, o controle da qualidade é visto como uma atividade permanente com a participação de todos os operários, que têm forte motivação pessoal, com a participação efetiva nos programas de melhoria da qualidade. (ROSSATO, 1996)

Rossato (1996) argumenta que o controle da qualidade total teve várias fontes de contribuição, contudo, as maiores contribuições teriam vindo de Feigenbaum, Deming, Juran e Ishikawa. Onde:

- Feigenbaum integrou múltiplas funções dentro do processo da qualidade e delineou a qualidade dentro de novos produtos.
- Deming utilizou métodos estatísticos de maneira sistemática.
- Juran procurou mostrar que a mão-de-obra não era suficiente no controle da qualidade, sendo que cerca de 85% dos problemas de qualidade são de responsabilidade da administração.
- Ishikawa é responsável pela organização deste conhecimento de forma sistemática como é conhecido o TQC. Seu enfoque é também para os fatores humanos e a participação de todos os membros da empresa para obtenção da qualidade.

Para Ishikawa (1993) apud Rossato (1996). “Praticar um bom controle de qualidade é desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto de qualidade que é mais

econômico, mais útil e sempre satisfatório para o consumidor." Pode-se concluir que, para atingir este objetivo, o controle de qualidade deve ser uma obrigação de todos, desde os altos executivos, até os funcionários dos mais baixos níveis hierárquicos.

A gestão da qualidade confere aos procedimentos de avaliação importância comparável a do processo de planejamento – até porque, na verdade, é a avaliação que determina se os resultados da implantação de ações de produção da qualidade conferem viabilidade ao planejamento (PALADINI, 2002).

Ao falar em gestão de qualidade deve-se ainda fazer menção aos 14 princípios de gerenciamento de Deming, que representaram uma transformação no pensamento administrativo. Tais princípios caracterizam uma visão sistêmica da administração e que formaram o fundamento dos ensinamentos ministrados a altos executivos no Japão iniciando-se nos anos 50. Esta revolução administrativa foi um suporte importante para o desenvolvimento do *JIT* (*just in time*).

Esses princípios serão apresentados com uma breve análise:

1º Princípio – “Estabeleça constância de propósitos para a melhora do produto e do serviço, objetivando tornar-se competitivo e manter-se em atividade, bem como criar emprego”.

Como explica Deming (1990), o estabelecimento da constância de propósitos significa a aceitação de obrigações como: inovar, alocar recursos para pesquisa e formação e melhorar constantemente o projeto do produto e do serviço. Colocar o cliente como o elo principal da cadeia de produção é entender que a empresa só continuará no mercado daqui a algum tempo se objetivar melhorar o produto constantemente.

2º Princípio – “Adote a nova filosofia. Estamos numa nova era econômica. A administração ocidental deve acordar para o desafio, conscientizar-se de suas responsabilidades e assumir a liderança no processo de transformação”.

Para a real adaptação a nova realidade mundial, faz-se necessário bem mais que o acompanhamento das tendências de mercado consumidor. Como citou Deming (1990), não se podia continuar tolerando os níveis comumente aceitos de erros, falhas, materiais inadequados, chefia inadequada e ineficiente, administração sem raízes na empresa, dentre outros. Para que estas mudanças ocorram de maneira eficaz e segura para as empresas deve-se aplicar os conceitos dos 14 princípios de Deming para toda a instituição.

3º Princípio – “Deixe de depender da inspeção em massa para atingir a qualidade. Elimine a necessidade de inspeção em massa, introduzindo a qualidade no produto desde o seu primeiro estágio”.

Uma rotina de inspeção 100% para aprimorar a qualidade equivale a planejar defeitos, reconhecendo que o processo não está capacitado a satisfazer às especificações (DEMING, 1990).

As empresas devem ter o controle das etapas do processo, desde o recebimento da matéria prima, até o produto final, devendo investir mais no planejamento, a fim de diminuir erros na execução, evitando desperdícios e retrabalhos. Existem, entretanto, exceções onde produtos defeituosos não podem chegar às mãos do consumidor e a inspeção por amostragem para controle estático, mesmo que todo o processo seja perfeitamente confiável, não deve ser utilizada.

4º Princípio – “Cesse a prática de aprovar orçamentos com base no preço. Ao invés disto, minimize o custo total. Desenvolva um único fornecedor para cada item, num relacionamento de longo prazo fundamentado na lealdade e na confiança”.

Durante as etapas do processo não se deve fazer negócios baseando-se somente no menor custo e sim procurar fornecedores-parceiros de longo prazo fundamentando-se na lealdade e na confiança. Desta forma, torna-se mais acessível o cumprimento das metas estabelecidas, com prazos confiáveis e compromissos assumidos.

5º Princípio – “Melhore constantemente o sistema de produção e prestação de serviços, de modo a melhorar a qualidade e a produtividade e, conseqüentemente, reduzir de forma sistemática os custos”.

A melhoria do processo ou produto deve ser entendida como a análise do processo em todas as suas fases buscando a transição para uma melhor condição de serviço.

Deming (1990) ressalta que a melhora no processo inclui uma melhor alocação do esforço humano. Inclui a seleção de pessoal, a alocação dos empregados e o seu treinamento, de forma a propiciar a todos, inclusive aos operários de produção uma oportunidade de aumentarem seus conhecimentos e de contribuírem com o melhor de suas habilidade.

6º Princípio – “Institua treinamento no local de trabalho”.

O treinamento no local de trabalho deve ser diversificado a ponto de atingir a todos os funcionários, levando em conta as peculiaridades de como cada um aprende.

7º Princípio – “Institua a liderança. O objetivo da chefia deve ser o de ajudar as pessoas e as máquinas e dispositivos a executarem um trabalho melhor”.

O objetivo da liderança deve ser melhorar o desempenho de homens e máquinas, melhorar a qualidade, aumentar a produção e simultaneamente dar às pessoas orgulho pelo trabalho que fazem (DEMING, 1990). O líder deve ser um gestor para atingir as metas da empresa. Deve provocar mudanças e propor inovações, melhorando o sistema e ajudando as pessoas a executarem um trabalho melhor, com satisfação.

8º Princípio – “Eliminar o medo, de tal forma que todas trabalhem de modo eficaz para a empresa”.

Onde há liderança há confiança. O medo de expor suas necessidades ou de mostrar onde estão os erros gera muitas vezes números errados e incoerentes, principalmente quando os operários são julgados por sua produtividade.

9º Princípio – “Elimine as barreiras entre os departamentos. As pessoas engajadas em pesquisas, projetos, vendas e produção devem trabalhar em equipe, de modo a preverem problemas de produção e de utilização do produto ou serviço”.

O trabalho em equipe exige que um compense com sua força a fraqueza do outro e que todos agucem as inteligências uns dos outros com perguntas (DEMING, 1990).

10º Princípio – “Elimine lemas, exortação e metas para a mão-de-obra que exijam nível zero de falhas e estabeleçam novos níveis de produtividade”.

Parte das causas da baixa qualidade e da baixa produtividade está no sistema e, logo, fora do alcance direto dos trabalhadores. O estabelecimento de “slogans”, exortação e metas no ambiente de trabalho pode gerar ansiedade, medo e inimizades, comprometendo o rendimento dos funcionários e conseqüentemente a qualidade do produto e ou serviço.

11º Princípio a – “Elimine padrões de trabalho (cotas) na linha de produção. Substitua-os pela liderança”.

A fixação de cotas e objetivos numéricos nivela o desempenho da equipe, superestimando ou subestimando seus membros, desmotivando uns e sobrecarregando outros, comprometendo a qualidade do produto e ou serviço prestado.

Isso ocorre porque normalmente as cotas são feitas em relação a médias e não em função de controle estatístico. Logo, aproximadamente a metade dos trabalhadores está acima da média e a outra metade abaixo.

11º Princípio b – “Elimine o processo de administração por objetivos. Elimine o processo da administração por cifras, por objetivos numéricos. Substitua-os pela administração por processos através do exemplo de líderes”.

Um planejamento feito com base em dados reais, com objetivos alcançáveis e com liderança, acompanhado do conhecimento do que a empresa é capaz de oferecer aos clientes e o que os clientes necessitam, é uma forma de administrar visando à melhora do processo e não simplesmente priorizando os resultados.

12º Princípio – “Remova as barreiras que privam as pessoas do justo orgulho pelo trabalho bem executado”.

A empresa deve cuidar para que seus funcionários possam realizar um trabalho de qualidade, recebendo matéria prima adequada, tendo boas condições de trabalho e uma chefia competente para guiá-los no caminho certo. Desta forma, se um funcionário estiver consciente de seu desempenho e orgulhoso de seu trabalho ele tentará melhorar cada vez mais, mostrando-se a cada dia mais capaz e procurando ajudar a empresa na busca pela qualidade.

13º Princípio – “Institua um forte programa de educação e auto-aprimoramento”.

Para a empresa o tempo e dinheiro gastos com aprimoramento de seus operários devem ser vistos como investimento na mão-de-obra. Além da empresa os empregados devem ser estimulados a se atualizarem por conta própria, visto que isso só trará benefícios aos mesmos.

14º Princípio – “Engaje todos da empresa no processo de realizar a transformação. A transformação é da competência de todo mundo”.

A qualidade final do produto e a sobrevivência da empresa são da responsabilidade de todos os funcionários. Todos devem estar engajados em mudar a visão e a maneira de agir da empresa, com base nos princípios 14 Princípios de Deming.

Deming (1990) estabeleceu seus 14 Princípios de forma a conscientizar os funcionários de que todos são responsáveis pela qualidade, em todas as etapas direta ou indiretamente e devem estar devidamente comprometidos e treinados a resolver problemas.

Desta forma, não existe como melhorar a qualidade quando se recebe materiais com defeito ou de baixa qualidade; quando os fornecedores fornecem materiais que, apesar de conformes com a especificação, não são adequados às necessidades; quando os pedidos para correção de defeitos em equipamentos nunca são atendidos, somente sendo feita a troca de peças quebradas ao invés de serem solucionadas as causas.

Para Deming (1990) existe diferença entre a remoção de problemas e a melhora do sistema de produção. A remoção de pontos fora de controle significa apenas voltar o processo ao ponto de origem. O que se deseja é o comprometimento de toda a equipe de produção para a realização de mudanças efetivas no processo e a verificação das melhorias ocorridas.

Deming (1990) ressalta ainda a função da liderança em uma empresa quando adverte que cotas e objetivos numéricos devem ser substituídos, pelo líder, pela avaliação do potencial individual, otimizando o ganho e elevando a satisfação pessoal de cada membro da equipe com o seu próprio desempenho e com o produto acabado.

Sendo assim, buscar a gestão participativa gerando o comprometimento de toda a equipe é um fator importante para a gestão de qualidade. Todos devem estar comprometidos com a melhora e sua manutenção no sistema de produção e o responsável por manter os funcionários motivados e empenhados em tais melhoras é seu líder.

2.1.4. Avaliação da qualidade

A avaliação contínua da qualidade é um fator estratégico para a sobrevivência das organizações já que, há algum tempo que tão importante quanto produzir é avaliá-la corretamente. As exigências e mudanças constantes do mercado fazem com que as organizações desenvolvam um processo de análise e ação eficiente para atendimento dos consumidores (COSTA, 2006).

Para Paladini (2002) a avaliação da qualidade é um processo abrangente, que envolve vários elementos e costuma exigir uma visão ampla do processo para poder ser útil e válida. Esta deve ser contínua e progressiva.

Segundo Costa (2006) duas definições de gestão da qualidade enfatizam explicitamente a questão da avaliação:

- “A Gestão da Qualidade Total é um processo que envolve o monitoramento e a avaliação do alcance de objetivos, utilizando métodos de medição da melhoria de verificação do funcionamento das ações de processo” (BOHAN e BECKER, 1994 apud COSTA, 2006).
- “A Gestão da Qualidade Total é um conjunto de métodos quantitativos para acompanhar e melhorar processos da organização e mecanismos de atenção aos clientes hoje e no futuro” (RYAN, 1995 apud COSTA, 2006).

Paladini (2002) resume em cinco os elementos básicos para os quais todo o esforço da avaliação da qualidade está direcionado. Eles são:

- Avaliação com base em clientes e consumidores

Essa avaliação é baseada no mercado atual e futuro, visando determinar, dentre outros, o nível de satisfação do consumidor e a forma como a qualidade é percebida por consumidores e clientes.

- Avaliação com base no processo produtivo

Essa avaliação é realizada com base em medições diretas de desempenho, dispondo para isto de estratégias e ferramentas. É nesse momento em que é definida a gestão de qualidade no processo onde se devem gerar melhorias no processo produtivo, eliminando as causas dos problemas, com o direcionamento de todas as ações ao pleno atendimento de consumidores e clientes.

- Avaliação com base na mão-de-obra

Nesse sentido têm-se duas linhas para avaliação que são: A avaliação da mão-de-obra que é medida pelo confronto dos resultados obtidos com os fixados e a avaliação da ação da empresa que é avaliada por elementos que mostram diferentes formas de envolvimento da mão-de-obra no esforço de produzir com qualidade.

- Avaliação com base nos objetivos da empresa

Essa avaliação envolve a confrontação de objetivos fixados com os resultados.

- Avaliação com base no suporte ao processo

O referencial para a avaliação da área de suporte centra-se no desempenho das atividades em termos da contribuição prestada por um setor de suporte aos setores com que interage.

A gestão da qualidade confere aos procedimentos de avaliação importância comparável a do processo de planejamento – até porque, na verdade, é a avaliação que determina se os resultados da implantação de ações de produção da qualidade conferem viabilidade ao planejamento (PALADINI, 2002).

Desta forma, Costa (2006) sugere criar referenciais que possam responder a questão de “como avaliar a qualidade?”, da seguinte forma:

- Facilidade de operação dos mecanismos de avaliação;
- Inserção da avaliação de características de processo ou produto em um modelo abrangente de avaliação que envolva a organização;
- Avaliação baseada em mecanismos mensuráveis;
- Avaliação de forma contínua;
- Avaliação da qualidade não somente no efeito, mas como se desenvolve a atividade (causa);

- Avaliação baseada em informações representativas;
- Avaliação da qualidade através de mecanismos que sejam, por excelência, eficientes;
- Avaliação da qualidade direcionada sobre: os consumidores e clientes, objetivos da empresa, processo produtivo, mão-de-obra e suporte ao processo.

A “Garantia da Qualidade” tem como finalidade confirmar que todas as atividades da qualidade estão sendo conduzidas da forma requerida. É a função que visa confirmar que todas as ações necessárias para o atendimento das necessidades dos clientes estão sendo conduzidas da melhor e mais completa forma possível (COSTA, 2006).

Para sobreviver hoje, as empresas precisam procurar a qualidade, reconhecendo através da Política e ações que praticar qualidade é buscar a satisfação dos clientes em primeiro lugar. As empresas devem estar preparadas para absorver as mudanças sociais, tecnológicas e econômicas no ambiente na qual ela está inserida, de maneira rápida e satisfatória (ROSSATO, 1996).

2.2. Qualidade no Setor da Construção Civil

2.2.1. Considerações iniciais sobre a construção civil

Em tempos de globalização da economia, com a velocidade e a complexidade das evoluções tecnológicas, sociais e gerenciais, com a diminuição das margens de lucro das organizações e com clientes muito mais exigentes, as formas de atuação empresarial em todos os setores têm se modificado sensivelmente (BERTEZINI, 2006).

Entre todos os setores da indústria, a construção civil foi, historicamente, a área que mais resistiu à adoção de programas de gestão da qualidade. Por isso mesmo, protegida pela passividade dos clientes e pelo alto retorno do capital investido, a indústria entregava ao mercado produtos cuja qualidade deixava muito a desejar (FIGUEIREDO, 2006).

A permanente busca por diferenciais de competitividade, numa economia globalizada, exige uma antecipação das demandas futuras para cada ramo da indústria, ao mesmo tempo em que pode impor rupturas tecnológicas, possibilitando ganhos em eficiência, qualidade e inovação nos produtos que serão ofertados (JAGUARIBE apud ABIKO et al, 2005).

A conscientização de que a melhoria da qualidade pode levar as empresas a produzir com custos mais baixos, em menos tempo e aumentando a satisfação dos clientes

tem levado cada vez mais empresas a investirem tempo e recursos financeiros em programas de qualidade e produtividade.

Abiko et al (2005) também ressalta que o setor de construção de edifícios habitacionais no País tem apresentado, historicamente, uma lenta evolução tecnológica, comparativamente a outros setores industriais.

Contudo Souza (2006) afirma que nos últimos anos estão sendo realizados grandes esforços no sentido de introduzir no setor da construção os programas da qualidade que já predominam em outros setores.

Conforme destaca Machado (1994) apud Costa (2006), uma nova ideologia desenvolvida parte do pressuposto de que produzir com melhor qualidade significa produzir com maior produtividade, o que resultaria em menos desperdícios e menos trabalho, e, por fim, menor custo. Com isto ele define que produzir com qualidade não deve ser visto como esforço, mas como uma necessidade para quem deseja permanecer ativo no mercado.

O movimento, a nível mundial, pela melhoria da qualidade tem tido reflexos no setor da construção civil, levando as empresas a um questionamento de seu processo produtivo e a adoção de estratégias para racionalização, visando a melhoria de desempenho frente a um mercado cada vez mais competitivo (LANTELME, 1994).

Navarro (2005) afirma que a construção civil tem passado por um processo de mudança decorrente da busca por melhorias em seus principais processos e que esta mudança tem sido estimulada, principalmente, pelo crescente nível de competição, requerendo das empresas investimentos em processos produtivos e gerenciais.

Já Bertezini (2006) concorda que a construção civil está em processo de mudança quando afirma que: "O mercado da construção civil, inserido em contextos cada vez mais competitivos, está sendo estimulado a se desenvolver. Entre outras formas de evolução, muitas empresas do setor realizam grandes esforços para, não somente implantarem sistemas de gestão da qualidade, mas desenvolvê-los e melhorá-los como garantia de eficiência e permanência no mercado".

Para Lantelme (1994), este movimento decorre também de mudanças que afetam especificamente o setor, dentre as quais pode-se citar a diminuição de recursos financeiros, o maior grau de exigência do consumidor e a maior mobilização dos trabalhadores.

Souza (2006) concorda ao afirmar que no campo econômico o país e as empresas começaram a trabalhar em uma economia estabilizada. A organização e a gestão da produção, antes relegadas a um segundo plano passaram a ter importância fundamental no controle de custos, dos desperdícios e do retrabalho dentro das empresas.

2.2.2. A importância da construção civil no Brasil

Abiko et al (2005) afirma que além da importância econômica associada ao setor da construção civil, essa atividade no País tem relevante papel social, particularmente em função de dois aspectos:

- O primeiro aspecto é relacionado à geração de empregos proporcionada pelo setor, onde segundo esse autor o número de pessoas ocupadas no setor da construção era de 3,63 milhões em 1998.
- O segundo relaciona-se ao elevado déficit habitacional no País.

A Figura 2.3 mostra o número de pessoas ocupadas no setor da construção em milhões dentre os anos de 1990 e 1998.

Segundo Abiko et al (2005) o déficit habitacional estimado no fim da década de 90 era de em 5,21 milhões de unidades, dos quais quatro milhões em áreas urbanas. Esse déficit tem representado custo social extremamente elevado, principalmente levando-se em conta que 62% da carência habitacional refere-se a famílias com renda de até cinco salários mínimos.

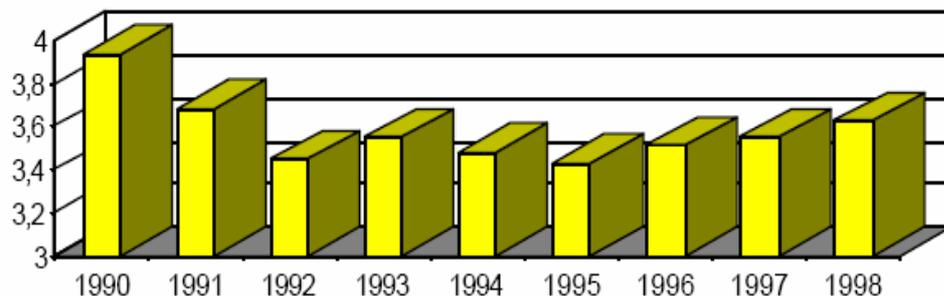


Figura 2.3 – Pessoal ocupado no setor da construção (milhões de pessoas).

Fonte: CONSTRUBUSINESS (1999) Apud ABIKO et al (2005)

A Figura 2.4 mostra como o déficit habitacional aumentou entre os anos de 1985 e 1999.

O mesmo autor ressalta que várias outras características do setor acentuam a importância da cadeia produtiva da construção civil, como sua capacidade de geração de impostos dentro do processo produtivo. O setor de construção é aquele que gera mais impostos indiretos líquidos e tem um papel importante sobre os impostos pagos por outros setores de atividade.

Souza também ressalta a relevância econômica do setor de construção e mostra dados da “Construbusiness” que indicam que a atividade econômica da construção

representa 18% do PIB e gera 14 milhões de empregos, considerando toda sua cadeia produtiva.

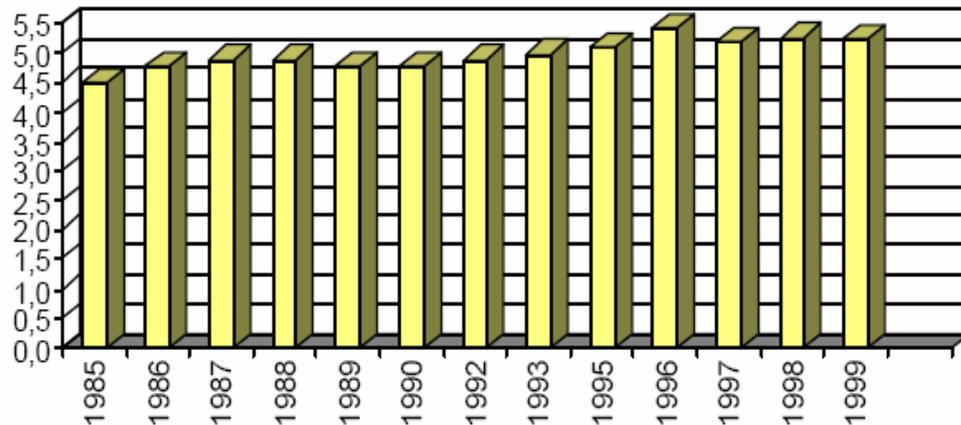


Figura 2.4 – Déficit habitacional - Brasil (milhões de pessoas).

Fonte: CONSTRUBUSINESS (1999) Apud ABIKO et al (2005)

2.2.3. Características peculiares à construção civil que influem na qualidade

A construção civil tem características próprias que dificultam a utilização prática das teorias modernas da qualidade. Desta forma, este setor requer uma adaptação específica dessas teorias, devido à complexidade do seu processo de produção (SOUZA, 2006).

Costa (2003) ressalta a importância da discussão da medição de desempenho aplicado às empresas de construção civil. Segundo ela a construção civil possui características estruturais que a diferencia de outros setores. A construção de edificações, em especial, apresenta características peculiares, principalmente no que diz respeito à sua função produção.

Algumas peculiaridades da construção que dificultam a transposição de conceitos e ferramentas da qualidade aplicados na indústria podem ser descritas como (SOUZA, 2006):

- A construção é uma indústria nômade.
- Cria produtos únicos e não em série.
- Não é possível aplicar a produção em cadeia, mas sim centralizada (operários móveis em torno de um produto fixo).
- É uma indústria muito tradicional, com grande inércia ao que se refere às alterações.
- Utiliza mão-de-obra intensiva e pouco qualificada com baixa motivação pelo trabalho.

- Normalmente realiza trabalhos sob intempéries.
- O produto muitas vezes é único na vida do usuário.
- São empregadas especificações complexas, muitas vezes contraditórias e confusas.
- As responsabilidades são dispersas e pouco definidas.
- O grau de precisão com que se trabalha é muitas vezes menor que em outras indústrias.

Além desses aspectos, Souza (2006) ressalta que a cadeia produtiva formadora da construção é bastante complexa e heterogênea, contando com grande diversidade de agentes intervenientes e de produtos parciais gerados ao longo do processo de produção que incorporam diferentes níveis de qualidade afetando o produto final.

2.2.4. Os problemas relacionados à implantação da gestão da qualidade

Abiko et al (2005) explica o motivo pelo qual durante a década de 80 não existia um esforço para a melhoria da qualidade, onde, segundo ele, a lucratividade do setor era obtida em função da valorização imobiliária do produto final e não da melhoria da eficiência do processo produtivo. Isso ocorria devido às características da produção, no canteiro de obras: baixa produtividade, elevados índices de desperdício de materiais e de mão-de-obra associada às altas taxas de inflação verificadas neste período.

Costa (2003) afirma que a partir de meados da década de 1980 iniciou-se na indústria da construção um crescente interesse pela gestão da qualidade e, como consequência, a implementação de sistemas de medição.

Para Abiko et al (2005) a partir da década de 90, em função de vários fatores, como o fim das altas taxas de inflação, os efeitos da globalização da economia, a redução do financiamento, a retração do mercado consumidor e o aumento da competitividade entre as empresas, entre outros, tem havido uma modificação dessa situação. As empresas construtoras começam a tentar viabilizar suas margens de lucro a partir da redução de custos, do aumento da produtividade, da busca de soluções tecnológicas e do gerenciamento da produção de forma a aumentar o grau de industrialização do processo produtivo.

Contudo, a indústria da construção de edifícios nacional ainda apresenta elevado consumo de materiais e mão-de-obra no decorrer da execução dos serviços. A vigência deste quadro pode ser atribuída a um conjunto de fatores organizacionais, gerenciais, tecnológicos, culturais e humanos. Uma parcela considerável das deficiências na produção

se origina na carência de metodologias adequadas para o planejamento da produção (ARAUJO et al, 2007).

Porém, vários são os fatores que atrasam a alavancagem desse movimento e o início de uma nova fase de evolução sustentada do setor, entre os quais podem ser citados: (ABIKO et al, 2005).

- Baixa produtividade do setor;
- Ocorrência de graves problemas de qualidade de produtos intermediários e no final da cadeia produtiva e os elevados custos de correções e manutenção pós-entrega;
- O desestímulo ao uso mais intensivo de componentes industrializados devido à alta incidência de impostos e conseqüente encarecimento dos mesmos;
- A falta de conhecimento do mercado consumidor, no que diz respeito às suas necessidades em termos do produto a ser ofertado;
- A falta de capacitação técnica dos agentes da cadeia produtiva para gerenciar a produção com base em conceitos e ferramentas que incorporem as novas exigências de qualidade, competitividade e custos;
- A incapacidade dos agentes em avaliar corretamente as tendências de mercado, cenários econômicos futuros e identificação de novas oportunidades de crescimento.

Percebe-se, então, a importância de um diagnóstico baseado numa visão sistêmica da cadeia produtiva, que propicie a identificação das necessidades e aspirações dos seus diversos segmentos. Além disso, é notória a necessidade da construção de uma visão de futuro para o desenvolvimento da cadeia, de modo a identificar quais são os fatores críticos ao desempenho da cadeia e propor as ações necessárias para superá-los (ABIKO et al 2005).

Cardoso (1993) apud Navarro (2005) também cita vários problemas na indústria da construção civil, especificamente no setor de edificações que podem ser considerados como ameaças para a melhoria da qualidade. Estes problemas são: recursos escassos, concorrência acirrada, escassez de financiamentos, presença de empresas de construção pesada no mercado de edificações, globalização da economia, entre outras dificuldades. Assim, verifica-se a necessidade das empresas construtoras trabalharem em busca de maior produtividade, qualidade e, por conseqüência, maior competitividade.

2.2.5. As perdas relacionadas ao processo

Constata-se então a necessidade de diminuir as perdas nas várias fases que envolvem as obras de construção civil, a fim de que os custos possam ser diminuídos e paralelamente seja melhorada a qualidade do produto entregue ao consumidor.

O conceito de perdas na construção civil é, com freqüência, associado unicamente aos desperdícios de materiais. No entanto, as perdas estendem-se além deste conceito e devem ser entendidas como qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão-de-obra e capital em quantidades superiores àquelas necessárias à produção da edificação. Neste caso, as perdas englobam tanto a ocorrência de desperdícios de materiais quanto a execução de tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor (FORMOSO et al , 2007).

Segundo Souza (2006) o próprio conceito de desperdícios foi ampliado, as empresas passaram a diagnosticá-lo por meio da identificação de falhas nas seguintes etapas do processo produtivo:

- Falhas ao longo do processo de produção, caracterizadas por: perdas de materiais que podem sair da obra na forma de entulho ou ficar agregados à obra; retrabalho feito para corrigir serviços em não-conformidades com o especificado; e tempo ocioso de mão-de-obra e equipamento, seja por deficiência de planejamento de obras, seja por ausência de uma política de manutenção de equipamentos.
- Falhas nos processos gerenciais e administrativos da empresa, caracterizados, dentre outros, por compras feitas apenas na base do menor preço.
- Falhas na fase de pós-ocupação das obras, caracterizadas por patologias construtivas com necessidade de recuperação e altos custos de manutenção e operação.

Essa última falha pode prejudicar a confiabilidade da empresa junto a seus clientes e consumidores.

As perdas podem ter origem fora do canteiro de obras, principalmente a projetos inadequados ou compras mal efetuadas. Formoso et al (2007) adaptou para o setor da construção civil nove categorias de perdas que, em síntese são:

1 - Perdas por superprodução: São perdas que se referem à produção em quantidades superiores às necessárias, sejam de produtos ou serviços.

2 - Perdas por substituição: São perdas que decorrem da utilização de um material de valor ou características de desempenho superiores ao especificado.

3 - Perdas por espera: São perdas que estão relacionadas com a sincronização e o nivelamento dos fluxos de materiais e as atividades dos trabalhadores. Podem envolver tanto perdas de mão-de-obra quanto de equipamentos.

4 - Perdas por transporte: São perdas que materiais e componentes.

5 - Perdas no processamento em si: São perdas que têm origem na própria natureza das atividades do processo ou na execução inadequada dos mesmos. Decorrem da falta de procedimentos padronizados e ineficiências nos métodos de trabalho, da falta de treinamento da mão-de-obra ou de deficiências no detalhamento e construtividade dos projetos.

6 - Perdas nos estoques: São perdas que estão associadas à existência de estoques excessivos.

7 - Perdas no movimento: São perdas que decorrem da realização de movimentos desnecessários por parte dos trabalhadores, durante a execução das suas atividades e podem ser geradas por frentes de trabalho afastadas e de difícil acesso, falta de estudo de layout do canteiro e do posto de trabalho, falta de equipamentos adequados, etc.

8 - Perdas pela elaboração de produtos defeituosos: São perdas que ocorrem quando são fabricados produtos que não atendem aos requisitos de qualidade especificados. Geralmente, originam-se da ausência de integração entre o projeto e a execução, das deficiências do planejamento e controle do processo produtivo; da utilização de materiais defeituosos e da falta de treinamento dos operários. Resultam em retrabalhos ou em redução do desempenho do produto final.

9 - Outras: existem ainda tipos de perdas de natureza diferente das anteriores, tais como roubo, vandalismo, acidentes, etc.

Nesse contexto as variadas formas de desperdícios que podem originar-se dentro do processo construtivo ou fora, gerando custos adicionais e não-conformidades, devem ser eliminadas a fim de elevar a qualidade associada ao produto e ao processo construtivo.

2.2.6. Importância da medição de desempenho para a melhoria da qualidade relacionada ao processo construtivo

Para Bertezini (2006) o tema qualidade na construção civil está sendo cada vez mais discutido entre profissionais e pesquisadores. Dessa maneira, de acordo com os requisitos propostos para sistemas de gestão da qualidade, a organização deve:

- Identificar e gerenciar as necessidades e expectativas dos clientes;
- Verificar se os produtos e serviços atenderam aos requisitos iniciais, através de avaliações fundamentadas;

- Medir a satisfação dos clientes com relação aos produtos e serviços.

O sucesso de um sistema de medição depende do foco para o qual se destina. Segundo Hronec (1994) apud Oliveira (1999), o objetivo principal das medições deve ser a obtenção de melhoria e visibilidade dos processos e da organização, ao invés de apenas promover críticas e identificar os culpados pelas falhas.

Segundo Marosszeky e Karim (1997) apud Navarro (2005), é importante definir claramente os processos e objetivos estratégicos da empresa, de forma a priorizar os processos e produtos a serem medidos. Esses autores destacam que esta definição é importantíssima para estabelecimento de medidas para comparação externa.

Entretanto, é preciso compreender a função, o propósito e as limitações do processo de medição, para que haja engajamento dos trabalhadores. Sink e Tuttle (1993) apud Oliveira (1999) destacam ainda que um sistema de medição deva ser continuamente ajustado de acordo com as mudanças ocorridas dentro dos processos e até em função das mudanças nos fatores de mercado.

Costa (2003) afirma que a medição de desempenho é incentivada, principalmente pelo foco nos resultados e adverte que a organização deve avaliar o seu sucesso por intermédio de um conjunto de indicadores, que reflitam as necessidades e os interesses de todas as partes interessadas, devendo estar relacionados às estratégias, planos de ação e metas da organização.

No entanto, apesar dos esforços empreendidos nos últimos anos por grupos de pesquisa e do interesse de entidades setoriais na disseminação desses conceitos, observa-se que o uso dos indicadores ainda não constituiu uma prática sistemática para muitas empresas do setor da Construção (COSTA, 2003)

Para Souza (2006) a implementação de ações que promovam a melhoria da qualidade do setor da construção civil deve ser realizada através da normalização técnica, adoção de programas de gestão da qualidade, implicando em longo e meticuloso trabalho de articulação entre diversos agentes do processo.

Essa articulação visa comprometer os agentes envolvidos (Usuários, responsáveis pelo planejamento do empreendimento, responsáveis pela etapa do projeto, fabricantes dos materiais, agentes envolvidos na etapa de execução das obras e responsáveis pela operação e manutenção das obras) com a qualidade de seus processos e produtos parciais e com a qualidade do produto final (SOUZA, 2006).

Além disso, a organização deve identificar seus processos, inter-relacionados e interativos, e entendê-los de maneira sistêmica (BERTEZINI, 2006).

Para Figueiredo (2006), ao buscar continuamente um paradigma mais alto, a indústria da construção civil ganha maior eficiência e eficácia, contribui para melhorar a

qualidade dos materiais e as condições de segurança no trabalho e conquista, assim, a aprovação e o reconhecimento da sociedade.

Com efeito, os sistemas estruturados de garantia e gestão da qualidade tem mostrado um impacto significativo na racionalização da produção, tanto no sentido de melhorarem a logística e o controle de processos nos canteiros de obras, como no sentido de apontarem para a melhoria da gestão do processo de projeto e desenvolvimento de produtos, com uma lenta, porém promissora, introdução de princípios da engenharia simultânea. Além disso, esses sistemas têm permitido a melhoria da capacitação dos operários e sub-contratados, elevando o nível de qualificação da mão-de-obra do setor (FABRÍCIO, 2002 apud FIGUEIREDO, 2006).

2.3. Processo Construtivo para Execução da Superestrutura em Concreto Armado

Desde os primórdios da civilização que o homem têm se preocupado com a construção de estruturas adaptadas as suas necessidades, sejam elas habitacionais ou para outras funções. Com isto, a humanidade acumulou um grande acervo científico ao longo dos séculos, o que permitiu o desenvolvimento da tecnologia da construção, abrangendo a concepção, o cálculo, a análise e o detalhamento das estruturas, a tecnologia de materiais e as respectivas técnicas construtivas (SOUZA e RIPPER, 1998).

Dentre os vários processos construtivos existentes, as obras em concreto armado ainda têm sido amplamente adotadas, devido tanto à facilidade de execução e a utilização de farta mão-de-obra, de baixa qualificação teórica e remuneração.

Outros motivos podem ser citados para a ampla utilização do concreto armado em obras no Brasil, como a flexibilidade em relação às formas que podem ser utilizadas e a relativa simplicidade do cálculo estrutural quando comparado a outras soluções.

Bertezini (2006) explica que um empreendimento da construção civil é composto por várias etapas distintas que vão desde os estudos de viabilidade, prospecção de terrenos, fabricação de materiais e componentes, projetos de diversas especialidades e construção, até as operações de uso e ocupação do edifício.

A qualidade da obra como um todo é resultante de diversos fatores, dentre eles do controle de recebimento e armazenamento de materiais e da qualidade na execução de cada serviço no processo de produção, os quais serão discutidos neste trabalho focando a etapa da superestrutura.

Muitas ações têm sido tomadas no sentido de melhorar a qualidade dos empreendimentos da construção civil. Entretanto, diversos estudos apontam que ainda

existem problemas e estes resultam de dificuldades e falhas encontradas principalmente nas interfaces entre as fases de produção, entre os principais agentes e durante os processos de produção propriamente ditos (BERTEZINI, 2006).

Souza e Ripper (1998) advertem que a ocorrência de problemas patológicos cuja origem está na etapa de execução é devida, basicamente, ao processo de produção, que é muito prejudicado por refletir, de imediato, os problemas sócio-econômicos, que provocam baixa qualidade técnica dos trabalhadores menos qualificados, como os serventes e os meio-oficiais, e mesmo do pessoal com alguma qualificação profissional.

Normalmente a empresa de construção não tem a prática de documentar formalmente o procedimento executivo de cada serviço e os critérios de inspeção desses. Com isso, o seu domínio tecnológico passa a ser limitado e variável em função da mão-de-obra ou do empreiteiro utilizado. Para tornar a empresa mais estável com relação à qualidade da obra é fundamental documentar os procedimentos de recebimento e de inspeção de cada serviço (SOUZA, 1996).

Souza (1996) ainda coloca que todos os procedimentos devem ser o mais sucintos, claros e objetivos, abordando principalmente as características julgadas mais importantes para a execução e inspeção do serviço.

Para que esses procedimentos sejam seguidos deve haver um esforço conjunto de todos os envolvidos no processo sendo que, a forma como o engenheiro, juntamente com seus encarregados e mestres de obra têm de orientar e motivar os operários é de fundamental importância para o bom andamento do controle de qualidade.

Souza e Ripper (1998) relatam que a inexistência de controle de qualidade na obra pode ser a maior de todas as causas relacionadas com falhas humanas, visto que se existir um controle de qualidade adequado, essas causas na sua grande maioria, seriam substancialmente reduzidas ou atenuadas suas conseqüências.

Para o controle de qualidade na aquisição de materiais em uma empresa construtora, fazem-se necessários o empenho e a colaboração mútua de diversos setores, como o setor de projetos, suprimentos e a obra. Para Souza (1996) a qualidade na aquisição deve ser composta, no mínimo, pelos seguintes elementos:

- Especificação técnica para a compra de materiais;
- Controle de recebimento dos materiais na obra;
- Orientações para o armazenamento dos materiais;
- Seleção e avaliação dos fornecedores.

A Figura 2.5 ilustra os principais setores da empresa envolvidos na gestão de qualidade na aquisição de materiais e suas responsabilidades.

Logo, o esforço para a obtenção da qualidade na obra começa na etapa da execução dos projetos, com a correta e clara especificação para a compra dos materiais, passando

pela avaliação dos fornecedores e aquisição de seus materiais. Essa avaliação deve ser feita, quando possível, com base no histórico de conformidade e prazo na entrega dos materiais. Chegando a obra, deve ser realizado o controle de qualidade desde o recebimento, com o devido registro, permitindo a retroalimentação do sistema e a composição do arquivo de qualidade, até a execução da obra, passando pela fase de armazenamento do material. Quanto ao armazenamento dos materiais deve-se tomar cuidado para que os materiais que foram entregues dentro das especificações não sofram danos.

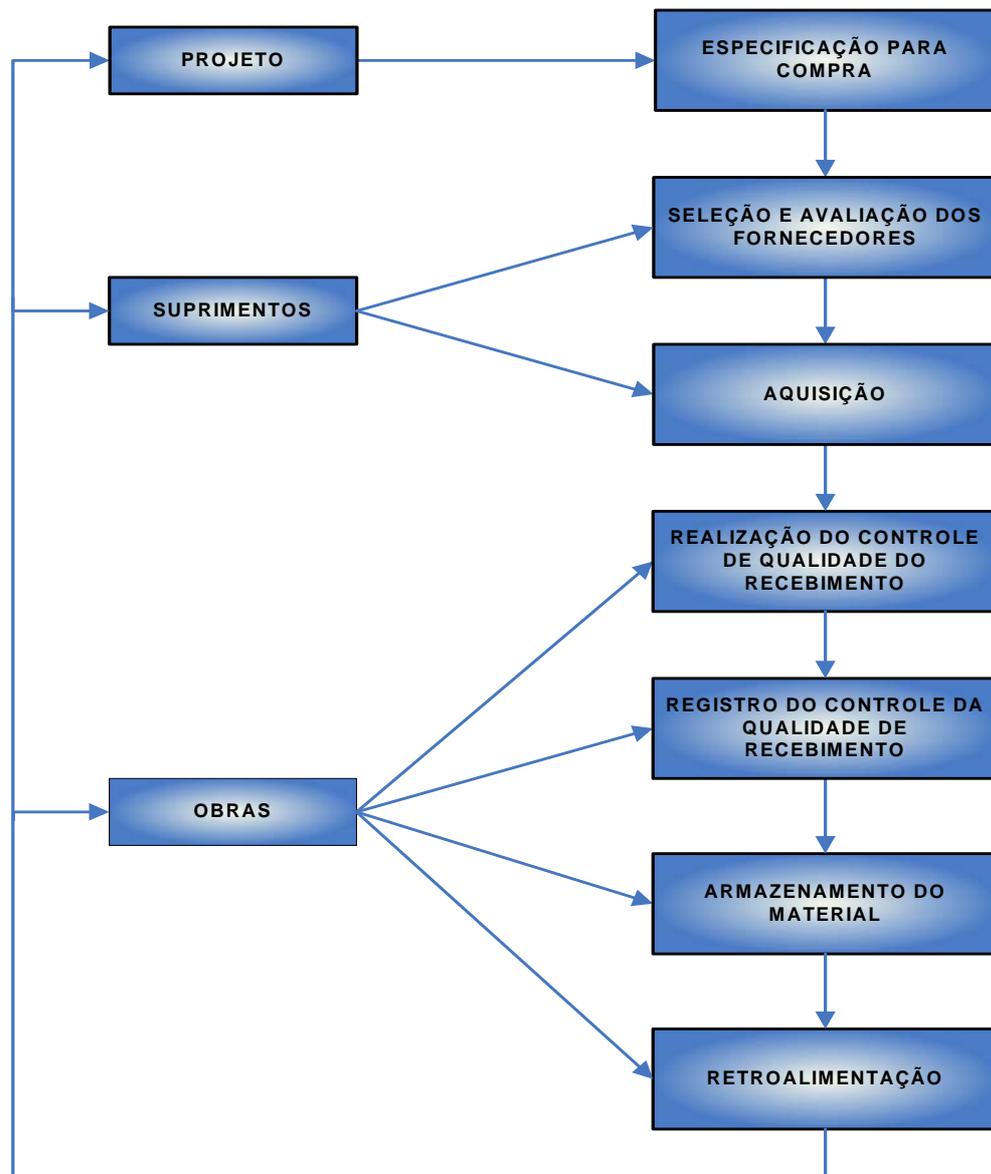


Figura 2.5 – Setores da gestão de qualidade na aquisição de materiais.

Fonte: Souza (1996)

A verificação e a inspeção do serviço executado ou em execução, com as respectivas ações corretivas, em caso de não-conformidades, evitam a ocorrência de problemas posteriores que acabem repercutindo em outras etapas da obra. Esse controle deve ser feito em todas as etapas da obra.

As falhas nas estruturas de concreto podem estar relacionadas a uma série de itens como: a técnica construtiva utilizada, as condições de trabalho, a qualificação da mão-de-obra, a qualidade dos materiais e componentes utilizados, a compatibilidade entre os projetos, dentre outros.

Para que seja realizado o controle de qualidade em todas as etapas da confecção de peças em concreto armado, serão discutidos neste capítulo o processo construtivo da etapa de superestrutura e as devidas verificações de recebimento, armazenamento e execução.

O primeiro passo para a execução de peças em concreto armado é a confecção das fôrmas para a modelagem e o escoramento do concreto. Assed e Assed (1988) explicam que as fôrmas devem ter o formato e as dimensões das peças estruturais projetadas, pois o concreto apresentará a forma e a aparência que se der à parte interna das mesmas.

Em seguida dá-se a colocação da armadura montada externamente às fôrmas e, após a conferência desta, faz-se a concretagem da peça. Passado o tempo de cura necessário, as fôrmas são retiradas e o resultado externo da peça pode ser verificado.

2.3.1. Fôrmas

A principal função de um sistema de fôrmas é condicionar a geometria da estrutura acabada a certas tolerâncias dimensionais, de modo a não causar interferências ou danos às etapas subseqüentes da construção, como a alvenaria, revestimento e outras (SOUZA, 1996).

Para a confecção das fôrmas utilizam-se principalmente tábuas de pinho, folhas de compensado e chapas metálicas. Para o escoramento são usualmente utilizados varões de eucalipto, peças de madeira serrada e escoramentos metálicos. Além destes, outros materiais são usados, em menor escala, em situações específicas como moldes de fibra de vidro.

Para uma concretagem uniforme e atendendo aos requisitos de projeto, alguns cuidados devem ser observados como relatam Assed e Assed (1988):

- As fôrmas devem obedecer rigorosamente às seções projetadas;
- As peças acabadas devem resistir ao peso do concreto e das ferragens, assim como ao peso dos operários e às vibrações de adensamento do concreto, sem apresentar deformações. Quando necessário devem ser dadas

às fôrmas a contra flecha necessária para compensar a deformação provocada pelo peso do material;

- Devem ser montadas de tal forma que as laterais possam ser removidas sem a remoção da parte inferior, sendo de fácil desforma, a fim de facilitar o trabalho dos operários;
- Devem estar limpas, sem serragens e pedaços ou lascas de madeira;
- Deve ser feita uma perfeita vedação para evitar o escorrimento da pasta de concreto;
- Devem ser molhadas, antes do lançamento do concreto, até o saturamento, de maneira que não absorvam a água de amassamento do concreto;
- Permitir a utilização das fôrmas tantas vezes quanto o planejado, utilizando desmoldantes para aumentar a vida útil do material;

Deve-se tomar cuidado com o escoramento, que deverá ser projetado de modo a não sofrer, sob a ação de seu peso, do peso da estrutura e das cargas acidentais que possam atuar durante a execução da obra, deformações prejudiciais à forma da estrutura ou que possam causar esforços no concreto na fase do endurecimento (NBR 6118).

As fôrmas de madeira possuem vantagens de ter um custo relativamente baixo em relação a outros materiais e não exigem mão-de-obra especializada, sendo de fácil manuseio. Contudo é um material que deve ser armazenado e manuseado com cuidado, pois facilmente sofre deformações, além de ser reaproveitado poucas vezes.

Já as fôrmas metálicas apresentam pequenas perdas, com reaproveitamento elevado, são de fácil manuseio e não são suscetíveis a empenar ou deformar; Entretanto, esse tipo de material exige mão-de-obra especializada e tem custo bem mais alto que as fôrmas de madeira.

2.3.1.1. Pedido de compras

Para a correta aquisição do material é fundamental que o engenheiro responsável forneça as especificações de forma correta e precisa sobre o tipo de material que deve ser adquirido.

Para a aquisição de chapas de madeira compensada, Souza (1996) sugere que devem constar do pedido de compra os seguintes itens:

- Tipo de chapa (resinada ou plastificada) e dimensões desejadas a obra;
- Número da norma pertinente (NBR 9532);
- Número mínimo de reaproveitamento da fôrma garantido pelo fabricante;
- Aviso esclarecendo que as chapas de madeira compensada não devem apresentar defeitos sistemáticos, tais como desvios dimensionais, desvios no

esquadro, número de lâminas inadequado à sua espessura, defeitos superficiais ou defeitos nas bordas;

- Aviso esclarecendo que as chapas que não atenderem as especificações serão devolvidas;
- Aviso esclarecendo que a partida será aceita com a observação de que na obra haverá verificação do lote quanto à resistência a água, podendo este ser rejeitada (prazo de 48 horas) em caso de reprovação do teste.

Ao fazer constar na solicitação de compra todos estes itens o solicitante se resguarda de possíveis desentendimentos com o fornecedor quanto à devolução de lotes com problemas de não-conformidades, quanto ao tipo de material ou dimensões inadequadas e quanto a materiais que não passaram nas verificações de recebimento.

2.3.1.2. Recebimento e inspeções de chapas de madeira compensada

No ato do recebimento das chapas de madeira compensadas, como com todos os materiais e equipamentos entregues na obra, as especificações do material, assim como outras inspeções, devem ser realizadas, a fim de garantir a qualidade e a conformidade destes. Deve-se verificar se o que foi solicitado está de acordo com o que está sendo entregue e se o material ou equipamento está dentro das conformidades técnicas.

As chapas de madeira compensada para fôrmas devem atender às disposições da norma NBR9532, onde se deve proceder a algumas inspeções como:

- As chapas de madeira compensada para fôrmas de concreto não podem apresentar defeitos sistemáticos, tais como desvios dimensionais além dos limites tolerados; número de lâminas inadequado à sua espessura, onde para essa inspeção deve-se tomar apenas uma amostra de chapa; desvios no esquadro; ou defeitos na superfície (YAZIGI, 1998) e (SOUZA, 1996).
- Precisam ser resistentes à ação da água (YAZIGI, 1998) e (SOUZA, 1996).
- Devem ter suas dimensões dentro dos limites tolerados (YAZIGI, 1998) e (SOUZA, 1996).

Para que a inspeção no recebimento seja feita faz-se necessária à separação de amostras para que os devidos ensaios sejam realizados, como descreve Souza (1996): “Cada viagem para a entrega de chapas será considerada um lote desde que não exceda a 500 chapas de um mesmo tipo. No caso de entrega de mais de 500 chapas por viagem, o carregamento deverá ser dividido de tal forma que resultem lotes aproximadamente iguais e, ao mesmo tempo, com menos de 500 chapas. A amostra a ser retirada de cada lote será formada por 13 chapas escolhidas aleatoriamente”.

Após a separação das amostras deve-se proceder às verificações e ensaios. Os limites de tolerância e quais as verificações que devem ser executadas para chapas de compensado estão relacionados na Tabela 2.1. As verificações devem ser feitas nas 13 chapas que compõem a amostra, anotando-se, para cada verificação, o número de chapas defeituosas encontradas.

Algumas considerações devem ser feitas sobre o critério de aceitação:

- Para as verificações dimensionais e visuais deve-se aceitar o lote se não houver peças com defeito. Se houver quatro ou mais peças com defeito o lote deve ser rejeitado. No caso da ocorrência de até três peças com defeito deve-se selecionar uma segunda amostra, onde o lote poderá ser recebido se o somatório das peças defeituosas dos dois lotes inspecionados for igual ou menor que três.
- Para o número de lâminas deve-se inspecionar apenas uma chapa como amostra. Se o número de lâminas não estiver de acordo com o mínimo estabelecido na tabela o lote inteiro deverá ser devolvido;
- Para a resistência à ação da água, o lote será aceito se nove dos dez corpos-de-prova passarem no teste.

2.3.1.3. Armazenamento

Para a estocagem das chapas devem ser seguidas algumas recomendações:

- O armazenamento precisa ser feito em local fechado, coberto e apropriado para evitar a ação da água, extravio ou roubo (YAZIGI, 1998) e (SOUZA, 1996).
- As chapas devem ser empilhadas na posição horizontal sobre três pontaletes posicionados no centro da chapa e a 10 cm de cada uma das bordas menores, evitando o contato com o piso (YAZIGI, 1998) e (SOUZA, 1996).
- Em lajes usuais, a pilha não pode exceder a 40 cm de altura para evitar sobrecarga (YAZIGI, 1998) e (SOUZA, 1996).
- É recomendável que a data de entrega e o local de estocagem sejam planejados com antecedência, de forma a evitar a pré-estocagem em locais inadequados, interferência com outros serviços da obra ou a necessidade de transporte horizontal interno (SOUZA, 1996).

Tabela 2.1 – Limites de tolerância aconselhados e verificações a serem executadas para o recebimento das chapas de compensado.

Tabela adaptada de Souza (1996)

Característica	Tolerância	Equipamento ou meio de verificação
Comprimento	± 2 mm	Trena metálica com precisão de 1 mm, tomando-se a medida no meio da chapa.
Largura	± 2 mm	Trena metálica com precisão de 1 mm, tomando-se a medida no meio da chapa.
Espessura	± 1 mm	Paquímetro com precisão de 0,1 mm, tomando-se a medida num ponto sem defeitos visuais, a pelo menos 30 mm da borda da chapa.
Esquadro Chapa (1,22x2, 44) → Diagonal = 272,8 mm Chapa (1,10x2, 20) → Diagonal = 246 mm	± 5 mm	Trena metálica com precisão de 1 mm, tomando-se as medidas nas diagonais da chapa.
Número de lâminas Chapas de 6 mm Chapas de 9 mm ou 12 mm Chapas de 18 mm Chapas de 21 mm	Número mínimo de lâminas: 3 Número mínimo de lâminas: 5 Número mínimo de lâminas: 7 Número mínimo de lâminas: 9	Contagem visual pela borda da chapa.
Presença de emendas	Resinado: até 2 emendas tanto na face quanto na contraface. Plastificado: máximo de 1 emenda chapa.	Verificação Visual
Aspecto superficial	Resinado: faces firmes, sem falhas que prejudiquem seu uso. Plastificado: Filme contínuo, liso e sem falhas ou incrustações.	Verificação Visual
Aspecto das bordas	Devem estar seladas, sem apresentar descolamento das lâminas.	Verificação Visual
Resistência à água	Não devem apresentar descolamento das lâminas após imersão ou fervura em água.	Tomar uma chapa de amostra e retirar 10 corpos-de-prova de 10 x10 cm. Imergi-los em água limpa por 12 horas, deixar secando ao sol por 12 horas e imergi-los novamente por mais 12 horas. Ou pode ser substituído pela fervura dos corpos-de-prova em água limpa por 10 minutos.

2.3.1.4. Execução das fôrmas

Para a fabricação de fôrmas de madeira para estruturas de concreto armado, Souza (1996) elaborou a Tabela 2.2, onde ele descreve de forma objetiva os itens que devem ser verificados e a metodologia e critérios de avaliação utilizados para o início da execução.

Tabela 2.2 – Execução de fôrmas de madeira para estruturas de concreto armado – fabricação.

Item nº	Item de verificação	Metodologia e critério de avaliação
1	Condições para início da fabricação das fôrmas	<p>Verificar se a central de fôrmas está montada, com todos os equipamentos instalados.</p> <p>Verificar se o projeto de fôrmas está concluído e completo.</p> <p>Apurar se a equipe de carpinteiros foi orientada com o acompanhamento do projetista de fôrmas.</p>
2	Corte e estruturação das peças	<p>Verificar se o corte e a estruturação das peças estão de acordo com o projeto, admitindo uma tolerância de ± 3 mm.</p> <p>Observar se as superfícies de corte apresentam-se planas e lisas, sem a presença de serrilhas.</p> <p>Conferir se o topo das chapas serradas é selado com tinta óleo ou à base de borracha clorada, logo após o corte na bancada.</p>
3	Marcação e identificação dos painéis	<p>Observar se os painéis estão identificados com a numeração prevista em projeto, por meio de tinta a óleo e gabarito de letras e números.</p> <p>Conferir se as posições de escoramento e reescoramento estão marcadas no fundo da viga e assoalhos da laje.</p>
4	Estocagem dos painéis	<p>Verificar se a estocagem é feita em área limpa, arejada e protegida da ação do sol e da chuva, com espaço compatível, fora da área de montagem.</p> <p>Verificar se os painéis estão empilhados na posição horizontal sobre vigotas de madeira, a uma altura de cerca de 15 cm do chão.</p> <p>Verificar se o estoque está organizado de maneira a facilitar o início da montagem.</p>

Tabela 2.3 – Execução de fôrmas de madeira para estruturas de concreto armado – montagem e desforma.

Item nº	Item de Verificação	Metodologia e critério de avaliação
1	Condições para o início de montagem das fôrmas	<p>Verificar se o local do serviço está limpo e desimpedido.</p> <p>Verificar se os eixos da obra foram transferidos do andar inferior com exatidão.</p> <p>Verificar a fixação e locação dos gualhos</p> <p>Verificar se as natas de cimento foram retiradas dos arranques.</p> <p>Conferir a correta instalação das proteções de periferia, conforme disposições da NR18.</p> <p>Verificar a disponibilidade e utilização dos EPIs.</p>
2	Montagem de fôrma de pilar	<p>Verificar se o desmoldante foi aplicado nas fôrmas (exceto no primeiro uso).</p> <p>Observa se o posicionamento das galgas e dos espaçadores e o espaçamento entre tensores ou agulhas atendem ao projeto.</p> <p>Conferir o prumo das fôrmas de pilares.</p> <p>Conferir a imobilidade do conjunto mão-francesa-gualho e o esquadro do encontro dos painéis no topo do pilar.</p> <p>Verificar todos os encaixes das fôrmas para que não haja folgas.</p>
3	Montagem de fôrma da viga	<p>Verificar se o desmoldante foi aplicado nas fôrmas (exceto no primeiro uso).</p> <p>Verificar se os pontos que definem os eixos da obra foram transferidos com exatidão do andar inferior para o pavimento a ser concretado.</p> <p>Verificar a locação dos topos das fôrmas de pilares, com uma tolerância de ± 2 mm, bem como as dimensões internas das fôrmas.</p> <p>Verificar o perfeito encaixe das fôrmas na cabeça dos pilares.</p> <p>Observar o nivelamento dos fundos de viga.</p> <p>Avaliar a perfeita imobilidade de todo o conjunto, assim como o espaçamento dos garfos definido em projeto.</p>
4	Montagem de fôrma de laje	<p>Verificar a fixação e o posicionamento dos sarrafos-guia para o apoio das longarinas.</p> <p>Verificar o posicionamento das longarinas e das escoras, bem como o seu travamento.</p> <p>Verificar o nivelamento das fôrmas de laje, atentando para as lajes com previsão de contraflechas.</p> <p>Observar se o assoalho está todo pregado nas longarinas e com desmoldante aplicado</p>
5	Processo de desforma	<p>Verificar o tempo adequado de cura do concreto.</p> <p>Observar se os painéis estão sendo desformados com o auxílio de desformador ou cunha de madeira, sem agressões às placas de compensado.</p> <p>Assegurar a limpeza dos painéis logo após a desforma.</p>
6	Reescoramento de vigas e lajes	<p>Verificar, visualmente, o posicionamento e a fixação das reescoras dos fundos de viga e das tiras de laje, nas posições definidas em projeto, antes da retirada das escoras.</p>

Em seguida Souza (1996) elaborou a Tabela 2.3 para a execução de fôrmas de madeira para estruturas de concreto armado. Na Tabela 2.3 são descritos sucintamente os itens que devem ser verificados, assim como a metodologia e os critérios de avaliação utilizados desde as condições para o início da montagem das fôrmas até o processo de desforma e reescoramento de vigas e lajes.

Devem ser previstas, para pilares, janelas nas bases dos pilares para facilitar a limpeza dos fundos e janelas intermediárias para concretagem em etapas em pilares altos (TCPO, 2003).

O correto procedimento para desforma é utilizando cunhas de madeira e agente desmoldante, evitando assim a utilização de pé-de-cabra que pode danificar a fôrma ou inutilizá-la (YAZIGI, 1998) e (TCPO, 2003).

Souza e Ripper (1998) advertem sobre os problemas que a inadequação das fôrmas e escoramentos pode ocasionar:

- Insuficiência de estanqueidade das fôrmas, o que torna o concreto mais poroso, por causa da fuga de nata do cimento através das juntas e fendas da própria madeira, com conseqüente exposição desordenada dos agregados, causando abertura de fissuras e diminuição da resistência do concreto;
- Retirada prematura das fôrmas e escoramentos, o que resulta em deformações indesejáveis na estrutura e, em muitos casos, em acentuada fissuração;
- Remoção incorreta dos escoramentos (especialmente em balanços, casos em que as escoras devem ser sempre retiradas da ponta do balanço para o engaste), o que provoca o surgimento de trincas nas peças, como conseqüência da imposição de comportamento estático em projeto;
- Falta de limpeza e de aplicação nas fôrmas de desmoldante antes da concretagem, o que acaba por ocasionar distorções e “embarrigamentos”, o que leva à necessidade de enchimento de argamassa maiores do que os usuais, conseqüentemente, à sobrecarga da estrutura.

Cabe ressaltar que problemas com armazenagem nos painéis podem também ocasionar distorções nas peças concretadas devido a distorções nas chapas.

2.3.2. Armação

Os produtos de aço para concreto estrutural podem ser divididos nos seguintes tipos (YAZIGI, 1998):

- Vergalhões e arames para concreto armado (barras e fios);

- Telas de aço soldado;
- Fios e cordoalhas para concreto protendido;
- Barras para concreto protendido;
- Fibras de aço.

Cada um destes produtos requer cuidados especiais desde a especificação de projetos, compra, recebimento, armazenamento e utilização.

Para a presente pesquisa considerar-se-ão os aspectos dos vergalhões, que são barras e fios, caracterizados por categorias, dependendo do limite de escoamento a tração e por classes, conforme o limite de resistência mínimo à ruptura.

Após a chegada do material à obra deve ser realizada sua conferência e inspeção.

Todas as barras de aço devem ser guardadas em local seco e separadas de acordo com a disponibilidade de espaço do canteiro de obras. A NBR 6118 adverte, quando do emprego de diferentes qualidades de ferro, que deverão ser tomadas às devidas precauções para que não ocorram trocas acidentais.

De maneira geral, as barras de aço destinadas à armadura de peças de concreto armado devem apresentar homogeneidade quanto às suas características geométricas e mecânicas e estarem isentas de defeitos como bolhas, fissuras ou corrosão (ASSED E ASSED, 1988).

Elas devem ser dobradas rigorosamente de acordo com o projeto, a fim de que caibam dentro das fôrmas de modo adequado e garantindo o perfeito recobrimento. A concretagem só deve ser executada quando for feita a conferência de toda a armação, inclusive dos ferros de espera, emendas, ancoragem e recobrimentos.

Os ferros devem estar isentos de qualquer substância que prejudique a aderência do concreto ao mesmo e deve ser protegido por uma camada de concreto de espessura especificada na NBR 6118.

2.3.2.1. Pedido de compras

O pedido de compras de barra e fios de aço para armaduras de concreto deve ser realizado de forma que não haja dúvidas quanto ao tipo e quantidade de material que se deseja, assim como das condições de verificação para recebimento na obra. Assim este deve ser elaborado por um funcionário que conheça as especificações técnicas e normas pertinentes para este tipo de material.

As barras e fios de aço para armaduras de concreto devem seguir as disposições da norma NBR 7480. Esta norma especifica que a verificação da qualidade do aço deve ser feita por intermédio de um laboratório especializado.

Para a aquisição de barras e fios de aço para armadura de concreto devem constar do pedido de compras os seguintes itens:

- Número da norma brasileira aplicável - NBR 7480 (YAZIGI, 1998) e (SOUZA, 1996);
- Diâmetro, categoria, e classe da barra ou fio (YAZIGI, 1998);
- Comprimento e sua tolerância (YAZIGI, 1998);
- Embalagem (YAZIGI, 1998);
- Quantidade em toneladas de acordo com a previsão do projeto, já considerando as perdas de corte e tolerâncias de desbitolamento (YAZIGI, 1998);
- Aviso que o material será submetido a ensaio em laboratório especializado (SOUZA, 1996);
- Aviso esclarecendo que as barras devem ter comprimento mínimo de 11 m (SOUZA, 1996);
- Aviso que o material será medido em balança neutra (SOUZA, 1996).

Também é possível realizar a conferência do aço por contagem de barras na própria obra utilizando a massa linear real de cada diâmetro.

2.3.2.2. Recebimento e inspeções das barras de aço

Os critérios para estabelecimento dos lotes de inspeção são definidos por norma técnica. A aprovação do lote depende do atendimento às condições do comprimento observado nas barras e de resultados satisfatórios para os ensaios de tração e de dobramento de todos os exemplares da amostra ensaiada. Caso um ou mais requisitos não sejam atendidos é necessário proceder a uma contraprova, de acordo com os critérios previstos em norma técnica, aceitando-se os lotes se todos os requisitos forem então atendidos (YAZIGI, 1998).

A inspeção e critérios de avaliação devem ser compostos dos seguintes itens de verificação que constituem o critério de recebimento:

- Verificações laboratoriais – O laboratório deve verificar as seguintes características (SOUZA, 1996):
 - Massa linear.
 - Resistência característica de escoamento.
 - Resistência convencional à ruptura.
 - Alongamento percentual em dez diâmetros
 - Dobramento a 180°.

A aceitação dos lotes deverá seguir os critérios prescritos nos itens 6 e 7 da NBR 7480 e será de responsabilidade do laboratório;

- Verificação visual de defeitos (fissura, esfoliação e corrosão) e do comprimento. O comprimento normal é de 11 m, com tolerância de 9%. Se aceita a ocorrência de até 2% de barras curtas, porém com comprimento superior a 6m (YAZIGI, 1998);
- Verificação da marcação das barras com identificação do fabricante (YAZIGI, 1998);
- A massa do material deve ser conferida e em caso de estar em desacordo com o solicitado e especificado na Nota Fiscal o fabricante deve ser informado para que as medidas necessárias sejam tomadas.

2.3.2.3. Armazenamento

As barras e fios de aço devem, sempre que possível, ser armazenados em baias separadas por diâmetro, em ambiente protegido de intempéries, coberto, sem contato direto com o solo e próximo do local de trabalho, tentando-se evitar a ocorrência de transporte interno (SOUZA, 1996).

Isso evita que elas sejam misturadas e acidentalmente trocadas no momento de sua utilização e que fiquem com algum tipo de impureza que possa prejudicar a aderência do concreto fresco.

2.3.2.4. Execução das armaduras

Para a execução das armaduras para estruturas de concreto armado, Souza (1996) confeccionou a Tabela 2.4, onde ele descreve de forma objetiva os itens que devem ser verificados e a metodologia e critérios de avaliação utilizados para o início da execução das armaduras das fôrmas, para o corte e dobra dos ferros até a montagem da estrutura.

O TCPO (2003) instrui que para o procedimento executivo o projeto deve ser seguido rigorosamente, o dobramento deve ser feito em cima de bancadas e que as barras de aço devem ser limpas, removendo qualquer substância que interfira na aderência do concreto, inclusive à ferrugem.

Yazigi (1998) admite que os vergalhões possam apresentar ligeira oxidação, precisando ser isentos de ferrugem solta, de argila e de óleo.

Souza (1996) lembra ainda que após o término da montagem deve-se limpar as fôrmas com o auxílio de um imã, retirando as pontas de arame que restaram e deve ser feita a conferência se a montagem obedeceu rigorosamente ao projeto no que se refere às

bitolas e número de barras, espaçamentos, cobrimentos mínimos, quantidade de espaçadores e posicionamento da armadura negativa de lajes e dos “caranguejos”.

Souza e Ripper (1998) advertem que os problemas patológicos causados por deficiência ou erros na colocação das armaduras são das mais diversas ordens e que ocorrem com frequência muito elevada. Para eles as deficiências que podem ser apontadas como as mais freqüentes e suas conseqüências são:

- Incorreta interpretação dos elementos de projeto, o que, em geral, implica na inversão do posicionamento de algumas armaduras ou na troca das armaduras de uma peça com as de outra;
- Insuficiência de armaduras, como conseqüência de irresponsabilidade, dolo ou incompetência, com implicação direta na diminuição da capacidade resistente da peça estrutural;
- Posicionamento incorreto das armaduras, que se pode traduzir na não observância do correto espaçamento das barras, ou no deslocamento das barras de suas posições originais, muitas vezes motivado pelo transito de operários e carrinhos de mão, por cima da malha de aço, durante as operações de concretagem;
- Cobrimento de concreto insuficiente, o que facilita a implantação de processos de deterioração, tal como a corrosão das armaduras, ao propiciar o acesso mais direto dos agentes agressivos externos;
- Dobramento das barras sem atendimento aos dispositivos regulamentares, fazendo com que o aço venha a “morder” o concreto, provocando seu fendilhamento por excesso de tensões trativas ao plano ortogonal ao de dobramento;
- Deficiência nos sistemas de ancoragem, com utilização indevida de ganchos ou a não observância do correto comprimento de ancoragem. Em ambos os casos, o resultado será o surgimento de um quadro de fissuras;
- Deficiência nos sistemas de emenda, que pode surgir como resultado da excessiva concentração de barras emendadas em uma mesma seção.
- Utilização de aço com características diferentes das especificadas, quer em termos de categoria, quer em termos de bitola. A utilização de aço de forma incorreta pode comprometer a estrutura tanto por deixá-la subdimensionada, quanto super dimensionada, o que nos dois casos podem gerar problemas estruturais.

Tabela 2.4 – Execução das armaduras de aço para estruturas de concreto armado – Fabricação.

Item nº	Item de Verificação	Metodologia e critério de avaliação
1	Condições para o início da execução do serviço	<p>Verificar se as fôrmas estão executadas, com locação e escoramento conferidos e desmoldante aplicado.</p> <p>Conferir a correta instalação das proteções de periferia conforme disposições da NR18.</p> <p>Verificar se os equipamentos de proteção individual e coletiva estão disponíveis em número e estado de conservação adequada.</p> <p>Observar se há um plano de corte para barras de aço (principalmente com as barras com diâmetro superior a 10 mm), visando à racionalização do serviço e minimização de perdas.</p>
2	Corte e dobra	<p>Verificar, por amostragem, se o corte e o dobramento das barras estão sendo feitos de acordo com o projeto e o plano de corte.</p>
3	Montagem do pilar e viga	<p>Verificar se os kits já preparados possuem etiquetas de identificação, a fim de evitar confusão no momento da montagem.</p> <p>Verificar se a amarração está firme nas quatro faces, de modo a evitar deslocamentos durante a concretagem.</p> <p>Conferir se a quantidade de espaçadores colocados na armadura é suficiente (não deve ser inferior a cinco peças por metro quadrado de face).</p> <p>Observar se foram colocados os protetores plásticos nas pontas dos arranques de pilares.</p> <p>Na armadura já montada, verificar se os seguintes requisitos estão satisfatórios: Comprimento de ancoragem, ancoragem nos apoios, cobrimento e armadura de suspensão no apoio entre vigas.</p> <p>Atentar para a existência de locais críticos que provoquem dificuldade de acesso do vibrador.</p>
4	Montagem da laje	<p>Verificar o correto posicionamento e a fixação de todos os elementos metálicos auxiliares e gabaritos para a passagem das instalações prediais, bem como o reforço de armadura no contorno desses furos.</p> <p>Verificar o ponteamto dos nós (ferro sim, ferro não).</p> <p>Verificar a quantidade mínima de espaçadores (cinco peças por metro quadrado).</p> <p>Observar o correto posicionamento e a amarração da armadura negativa e dos “caranguejos”.</p> <p>Avaliar se a amarração da malha é suficiente para impedir deslocamentos durante a concretagem.</p> <p>Dar atenção especial aos casos de “congestionamento de ferragem” e lajes em balanço.</p>

Fica claro que, em geral, os problemas relacionados com as armaduras são decorrentes da falta de preparo ou zelo da mão-de-obra para realizar corretamente o que foi especificado em projeto ou para observar incoerências nos mesmos. Torna-se evidente a necessidade de investir na qualificação da mão-de-obra e na inspeção dos serviços realizados de forma que possam ser minimizados estes problemas.

2.3.3. Concretagem

O concreto de cimento portland é um material constituído por um aglomerante, pela mistura de um ou mais agregados e água. Deverá apresentar, quando recém misturado, propriedades de plasticidade tais que facilitem seu transporte, lançamento e adensamento e, quando endurecido, propriedades que atendam ao especificado em projeto quanto a resistência à compressão e à tração, módulo de deformação e outras (YAZIGI, 1998).

O principal fator que possibilita unir o concreto ao aço formando um conjunto solidário é o fato dos dois terem coeficientes de dilatação bastante semelhantes.

A fabricação do concreto pode ser feita manualmente ou com a ajuda de betoneiras dentro da própria obra. No caso de grandes volumes de concreto é usual a contratação de uma concreteira para preparar o envio, com caminhão betoneira, do concreto pronto à obra.

A partir da chegada do caminhão na obra é feita a conferência da Nota Fiscal, verificando o lacre do caminhão, o fck do concreto, o horário de saída do caminhão da usina de concretagem e realizado o slump teste no concreto. Estando tudo de acordo com as especificações dá-se o recebimento do concreto.

Antes da concretagem deve-se proceder a conferência das fôrmas e das armaduras. Para o lançamento do concreto deve-se verificar se o concreto não iniciou o processo de pega. Nesse caso a concretagem ficará impossibilitada.

Após a concretagem das peças é realizado o adensamento do concreto, esse tem por finalidade reduzir o volume de vazios do concreto. Normalmente o adensamento é feito com o auxílio de vibradores e deve seguir as normas. O adensamento deverá ser cuidadoso, para que o concreto preencha todos os recantos da fôrma. Durante sua execução deverão ser tomadas as precauções necessárias para que não se formem ninhos ou haja segregação dos materiais (NBR6118).

2.3.3.1. Pedido de compras

O concreto executado em central deve estar de acordo com as prescrições das normas NBR 7212 – “execução de concreto dosado em central – Especificação” e NBR 12655 – “Preparo, controle e recebimento de concreto – Procedimento” (SOUZA, 1996).

Para Souza (1996), para que o pedido de compras seja feito de forma que a usina tenha perfeito entendimento do que se deseja receber na obra, devem constar no mesmo os seguintes itens:

- Qual a resistência do concreto à compressão na idade estabelecida;
- Qual a consistência desejada expressa pelo abatimento do tronco de cone;
- O traço acordado com a usina;
- Outras características estabelecidas pelo engenheiro;
- Aviso esclarecendo que o concreto será avaliado conforme as normas brasileiras e terá seu traço verificado na própria usina, se necessário;
- Aviso esclarecendo que no recebimento do concreto será exigida Nota Fiscal com as informações relacionadas no próximo item.

2.3.3.2. Recebimento e inspeções do concreto

Para que o solicitante seja resguardado sobre o que está recebendo em sua obra Souza (1996) orienta que devem constar da Nota Fiscal os itens abaixo:

- A resistência característica à compressão aos 28 dias ou outras idades consideradas críticas;
- O módulo de elasticidade;
- A consistência expressa pelo abatimento do tronco de cone;
- A dimensão máxima característica do agregado graúdo;
- O teor de argamassa do concreto;
- O tipo e consumo mínimo de cimento;
- O fator de água/cimento máximo;
- A presença de aditivos e o traço fornecido;
- O horário de saída do caminhão da usina, registrado pelo relógio de ponto, isto porque o tempo decorrente desde o carregamento do caminhão até o lançamento e adensamento do concreto não pode ultrapassar duas horas e trinta minutos;
- O número do lacre da betoneira, sendo rejeitado se houver discordância entre os números do lacre no caminhão e o que consta na Nota Fiscal, ou se não houver lacre no caminhão;
- A quantidade máxima de água permitida a ser adicionada ao concreto, caso ele não esteja com o slump adequado.

A fim de controlar a trabalhabilidade e a quantidade de água do concreto deve ser verificado o abatimento do tronco de cone (slump) para cada caminhão entregue, este deve

estar de acordo com o especificado na Nota Fiscal. Caso a trabalhabilidade medida pelo abatimento exceda os limites prescritos, o caminhão deve ser rejeitado. Ficando abaixo do limite, pode-se acrescentar água até um limite pré-estipulado (SOUZA, 1996).

O ensaio de resistência à compressão do concreto deve ser realizado por um laboratório especializado. A moldagem dos corpos-de-prova cilíndricos constituintes dos exemplares pode ser feita pelo laboratório ou por pessoal próprio da obra, conforme planejamento da coleta de amostras. A resistência característica à compressão estimada para cada idade em função dos resultados obtidos nos ensaios de ruptura dos corpos-de-prova deve ser maior ou igual à resistência característica estabelecida no projeto, caso contrário, o engenheiro deve consultar o projetista de estruturas e o fornecedor do concreto para providências (SOUZA, 1996).

2.3.3.3. Concretagem das peças

A Tabela 2.5 mostra as verificações que devem ocorrer antes e durante o processo de concretagem das peças de concreto armado.

Alguns cuidados extras devem ser tomados para que não ocorram problemas na concretagem:

- Devem-se evitar trepidações ou lançamentos de locais acima da altura máxima para que não ocorra a desagregação dos elementos do concreto. Por isso, a altura de lançamento do concreto que não deverá ultrapassar os 2 metros para evitar a segregação e a incorporação de ar, modificando a homogeneidade da mistura;
- Deve-se iniciar o lançamento do concreto pelo ponto mais afastado do local de acesso do concreto;
- Para o adensamento do concreto deve-se tomar cuidado para que todo o concreto seja adensado da mesma forma, espalhando o mesmo e vibrando-o de forma homogênea e zelar para que o tempo de imersão do vibrador não seja demasiadamente longo, de modo que ocorra a desagregação dos materiais;
- Por fim, deve-se controlar a cura do concreto proporcionando-lhe as condições convenientes para sua pega e endurecimento.

Tabela 2.5 – Método de avaliação do processo de concretagem .

Item nº	Item de Verificação	Metodologia e critério de avaliação
1	Condições para o início da execução do serviço	<p>Verificar se as fôrmas, a armadura e os gabaritos para rebaixo e passagem de instalações já foram posicionados e conferidos.</p> <p>Observar se as fôrmas estão limpas.</p> <p>Averiguar se as mesmas estão na altura correta.</p> <p>Certificar-se do abastecimento de água e energia no local.</p> <p>Verificar a disponibilidade de pessoal e equipamento, efetivos de reserva, com pelo menos duas horas de antecedência.</p> <p>Avaliar a composição da equipe de apoio (armador, eletricista, etc.).</p> <p>Conferir a correta instalação das proteções de periferia, conforme disposições da NR 18.</p> <p>Verificar os equipamentos de proteção coletiva e os EPIs.</p> <p>Assegurar-se da capacidade de resistência dos pavimentos inferiores antes da liberação da concretagem.</p>
2	Transporte do concreto	Verificar o funcionamento do sistema de transporte com pelo menos duas horas de antecedência ao recebimento do concreto.
3	Recebimento do concreto	Proceder conforme instruções para o recebimento já descritas.
4	Lançamento do concreto	<p>Verificar o umedecimento das fôrmas momentos antes do lançamento do concreto. Se estiverem secas, umedecê-las, mas sem provocar saturação. Caso apresentem com água em excesso (poças), é preciso drená-las.</p> <p>Observar se não corre deslocamento de elementos metálicos ou da armadura por ocasião do lançamento e adensamento.</p> <p>Verificar se o grau de acabamento está condizente com o estabelecido (textura, planeza e ondulações).</p> <p>Garantir que não se ultrapasse o limite de duas horas e 30 minutos para o manuseio do concreto usinado normal ou o limite estabelecido pela Nota Fiscal para o concreto com aditivo. O concreto vencido não poderá ser aplicado.</p> <p>Se houver junta fria, proceder à inspeção conforme orientações do projeto estrutural e do projetista.</p> <p>Acompanhar o nível de parada da concretagem.</p> <p>Atentar para que não se formem acúmulos pontuais de material sobre a fôrma.</p>
5	Adensamento do concreto	<p>Verificar se a agulha do vibrador está correta para a pior situação (acesso difícil) e para o melhor rendimento. Proceder à troca do mangote se necessário.</p> <p>Averiguar a distância de vibração e o tempo de imersão da agulha no concreto, que deve ser em torno de 15 segundos.</p> <p>Para pilares, conferir a espessura da camada de concretagem (deve ser menor que três quartos do comprimento da agulha do vibrador).</p>
6	cura	Verificar o constante umedecimento das peças nos três primeiros dias, pelo menos.

Cura é a etapa que se segue ao lançamento do concreto, o qual, com suas superfícies expostas a condições externas que podem provocar a secagem prematura, devem ser protegidos de maneira adequada, de modo que as referidas superfícies se conservem úmidas durante a secagem (ASSED E ASSED, 1988). A cura usualmente é feita mantendo a superfície molhada e/ou com cobertura da superfície com plástico, que também ajuda a protegê-la contra chuvas e ventos fortes.

2.4. Ferramentas da Qualidade

2.4.1. Folha de Verificação

Conceito

Quando for preciso coletar dados, é essencial esclarecer sua finalidade e ter valores que reflitam claramente os fatos. Além disso, é importante que estes sejam coletados de uma maneira simples e num formulário fácil de usar (KUME, 1993).

Para Kume (1993) uma Folha de Verificação é um formulário de papel no qual os itens a serem verificados já estão impressos, de modo que os dados possam ser coletados de forma fácil e concisa.

Rossato (1996) concorda que, as Folhas de Verificação são formulários planejados com os quais os dados coletados são preenchidos de forma fácil e concisa. Registram os dados dos itens a serem verificados, permitindo rápida percepção da realidade e a imediata interpretação da situação, ajudando a diminuir erros e confusões.

Logo, deve-se utilizar uma Folha de Verificação quando se deseja realizar coleta de dados de forma organizada e prática, facilitando uma análise posterior.

Podem ser listados alguns benefícios das folhas de verificação para a coleta de dados como:

- Facilidade para a coleta de dados, visto que já está claro como estes devem ser verificados;
- Evitar a perda destes dados a partir do momento que ficam documentados;
- Evitar o esquecimento da coleta, pois a periodicidade da coleta é estipulada;
- Agilizar a coleta de dados;
- Organizar os dados coletados simultaneamente com a coleta para que possam ser utilizados facilmente.

Como coletar dados

Segundo Kume (1993) os dados são guias para nossas ações, onde se aprende os fatos pertinentes e tomam-se medidas baseadas em tais fatos. Contudo antes de coletar os dados é necessário definir o que se pretende fazer com estes.

Antes do início de qualquer tratamento estatístico, deve-se estabelecer de forma clara a finalidade que se tem e de que maneira os dados obtidos serão utilizados. Somente então se inicia a coleta de dados, de forma objetiva, de modo que estes não se tornem números arquivados sem utilidade,

Para Kume (1993), os objetivos da coleta de dados para o controle de qualidade são:

- Controle e acompanhamento do processo de produção;
- Análise de não-conformidades;
- Inspeção.

Após definidos os objetivos são determinados os tipos de comparações a serem realizadas, identificando os tipos de dados que devem ser coletados. Para isso um grupo de dados pode ser dividido em diversos subgrupos, a fim de possibilitar as comparações entre os diversos fatores que podem afetar a qualidade, este tipo de divisão é denominado estratificação.

Por fim, a origem dos dados deve ser claramente conhecida e os dados registrados de forma que possam ser facilmente utilizados, a fim de que o tratamento seja feito de forma adequada as necessidades das análises para qualidade.

Quando construir uma Folha de Verificação

Para Rossato (1996) as Folhas de Verificação devem ser utilizadas para:

- Tornar os dados fáceis de serem obtidos e utilizados.
- Dispor os dados de uma forma mais organizada.
- Verificar a distribuição do processo de produção: coleta de dados de amostra da produção.
- Verificar itens defeituosos: saber o tipo de defeito e sua percentagem.
- Verificar a localização de defeito: mostrar o local e a forma de ocorrência dos defeitos.
- Verificar as causas dos defeitos.
- Fazer uma comparação dos limites de especificação.
- Investigar aspectos do defeito: trinca, mancha e outros.
- Obter dados da amostra da produção.
- Determinar o turno, dia, hora, mês e ano, período em que ocorre o problema.

- Criar várias ferramentas, tais como: Gráfico de Pareto, Diagrama de Dispersão, Diagrama de Controle, Histograma, etc.

Como já foi dito a Folha de Verificação tem muitas utilidades, entre elas a mais relevante e que dá origem a todas as outras é a documentação dos dados de forma organizada, fácil de obter, por estar bem especificado como fazê-lo e de modo que esteja claro em quais medidas corretivas estes podem ser utilizados.

Com isso torna-se fácil saber quais os tipos de defeitos são mais relevantes para o controle e eliminação de não-conformidades, assim como o local e forma como ocorrem, podendo, inclusive, ser estratificado os controles de qualidade, por dia, turno, operadores e máquinas.

A Folha de Verificação torna-se, desta forma, uma importante fonte de dados para que sejam utilizadas outras ferramentas de controle da qualidade, como o Histograma, o Diagrama de Dispersão, o Diagrama de Pareto e o Controle estatístico do processo.

Como construir uma Folha de Verificação

Rossato (1996) afirma que antes da construção de uma Folha de Verificação deve-se:

- Identificar claramente o objetivo da coleta de dados: quais são e os mais importantes defeitos;
- Decidir como serão coletados os dados, assim como quem irá coletá-los e quando serão coletados;
- Deve-se estipular o tamanho da amostra de dados que será coletada;
- Deve-se avaliar qual o tipo de Folha de Verificação que melhor se enquadra no problema estudado e se serão utilizados números, símbolos ou marcações para a coleta e documentação dos dados.

Depois de identificado o objetivo, a forma da coleta de dados, o tamanho da amostra e o tipo de Folha de Verificação a ser utilizada deve-se construí-la de forma que atenda aos objetivos propostos.

Rossato (1996) elaborou um roteiro para a construção de uma Folha de Verificação:

- Elaborar um tipo de Folha de Verificação de forma estruturada adequada a ser analisada, que permite um fácil preenchimento;
- Estipular a quantidade e o tamanho da amostra dos dados;
- Determinar onde deverão ser feitas as coletas dos dados;
- Determinar a frequência com que serão coletados os dados (diário, semanal, ou mensal);
- Determinar quem deverá coletar os dados.

Tipos de Folhas de Verificação

Kume (1993) afirma que existem muitos tipos de folhas de verificação, devendo considerar em primeiro lugar, o objetivo da coleta e, a seguir, executar adaptações criativas de modo que os dados possam ser coletados e registrados de forma apropriada ao objetivo. A seguir são apresentadas quatro tipos de Folha de Verificação:

a. Folha de Verificação para item defeituoso

Este tipo de Folha de Verificação pode ser utilizada no processo de inspeção final de um produto. Para isso faz-se uma marca todas as vezes que certo defeito é localizado.

Para Rossato (1996) este tipo de Folha de Verificação é usado quando queremos saber quais os tipos de defeitos mais freqüentes e números de vezes causados por cada motivo.

Folha de Verificação		
Produto:		Data:
Estagio de fabricação: Inspeção final		Seção
Tipo de defeito: Marca, peça incompleta, trinca, deformação.		Inspetor:
Total inspecionado: 1525		Lote nº:
Observações: Todos os itens inspecionados		Pedido nº:
Defeito	Marca	Sub-Total
Marcas na superfície		17
Trincas		11
Peça Incompleta		26
Deformação		3
Outros		5
	Total	62
Total rejeitado	 	42

Figura 2.6 – Folha de Verificação para itens defeituosos.

Fonte: KUME (1993)

Deve-se lançar o conjunto de dados em um Histograma para analisar a distribuição do processo de produção, coletam-se os dados, calcula-se a média e constrói uma tabela de distribuição de freqüência. Na medida em que os dados são coletados são comparados com as especificações (ROSSATO, 1996).

Para Kume (1993) é muito incômodo coletar uma grande quantidade de dados e, em seguida, desenhar um gráfico mostrando a distribuição das freqüências. Uma maneira simples é classificar os dados exatamente no instante de sua coleta.

A Figura 2.7 mostra uma Folha de Verificação para distribuição do processo de produção que pode ser previamente preparada, onde cada vez que uma medição é feita, uma marca é colocada na quadricula apropriada. Logo, quando ocorre o término da coleta de dados o Histograma está pronto.

c. Folha de Verificação para localização de defeitos

Kume (1993) afirma que a Folha de Verificação para a localização de defeitos tem uma função poderosa na solução de defeitos externos como riscos e manchas, devendo ter este tipo de folha um croqui ou uma vista ampliada onde são anotadas as marcas, permitindo a observação da distribuição das ocorrências de defeitos.

A Figura 2.8 mostra uma Folha de Verificação para localização de defeitos

Folha de Verificação para localização de bolhas									
Número e nome do produto:									
Material:									
Fabricante:									
1. Croqui									
2. Localização do defeito									
Radial	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Circular				/					1
A									
B									
C									
D									
E		///		////					7
Total		3		5					8

Figura 2.8 – Folha de Verificação para itens defeituosos

Fonte: KUME (1993)

Rossato (1996) também afirma que este tipo de Folha de Verificação é utilizado para localizar defeitos como: mancha, sujeira, riscos, pintas, e outros e que geralmente esse tipo de lista de verificação tem um desenho do item a ser verificado, na qual é assinalado o local e a forma de ocorrência dos defeitos.

Esta Folha de Verificação nos conduz facilmente a tomada de ações e é indispensável para o diagnóstico de processo, porque as causas dos defeitos podem, freqüentemente, ser encontradas através do exame dos locais onde ocorrem os defeitos e pela cuidadosa observação do processo para determinar por que os defeitos se concentram nesses locais.

d. Folha de Verificação de causa de defeito

Folhas de Verificação são algumas vezes usadas para uma estratificação ainda maior, de modo a encontrar as causas de defeitos. De forma geral, a maioria dos estudos voltados à detecção das causas de defeitos envolve a associação dos dados de causas com os dados dos correspondentes efeitos, com a disposição dos dados de uma forma que mostre claramente esta correspondência (KUME, 1993).

A Figura 2.9 mostra uma Folha de Verificação para causa de defeitos

Folha de Verificação para causa de defeitos														
Equipamento	Operário	Segunda		Terça		Quarta		Quinta		Sexta		Sábado		
		M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	
Máquina 1	A	oo	o	ooo	o	ooo	oooo		o		oo	o		
		x	x		xx	xxx	xxx	x	xx					xx
		■				■		■■						■
	B	o	ooo	ooooo	ooo	Ooooo	ooooo		ooo	oo	ooooo	oo		
		xx	xxx	xx	xx	xx	x	xx	x	xx		x	xx	
		■	■	■		■	■		■■	■				■
Máquina 2	C	oo	o	oo		ooooo	ooooo	oo	o	oo	oo	o	o	
		x	x				x				Δ		Δ	
					■				■					
											□		□	
	D	oo	o	oo	ooo	ooo	ooooo	oo	oo	oo	o	oo	o	
		x	x				x					x	xx	
				Δ		Δ			Δ	ΔΔ				
					■	■		■			■■			
							□				□			

Figura 2.9 – Folha de Verificação para itens defeituosos.

Fonte: KUME (1993)

Onde:

- O → Risco
- X → Bolha
- △ → Acabamento defeituoso
- → Formato defeituoso
- → Outros

Este tipo de Folha de Verificação é geralmente usado para investigar as causas dos defeitos, sendo que os dados relativos à causa e os dados relativos aos defeitos são colocados de tal forma que se torna clara a relação entre as causas e efeitos. Posteriormente os dados são analisados através da estratificação de causas ou do Diagrama de Dispersão (ROSSATO, 1996).

Considerações finais sobre as Folhas de Verificação

Rossato (1996) afirma que as Folhas de Verificação são muito importantes, pois se relacionam com a maioria das ferramentas, sendo um passo básico, onde se pode encontrar informações importantes, principalmente para determinar a causa, especificar a extensão e determinar onde e quando ocorre um problema.

É uma valiosa fonte de informações para que sejam utilizadas outras ferramentas de controle da qualidade, como:

- O Diagrama de Causa e Efeito, onde a Folha de Verificação já mostra quais as maiores causas para as não-conformidades, dando início ao processo de busca das causas deste problema;
- Assim como o Histograma, que pode inclusive já ser realizado através de uma Folha de Verificação própria;
- O Diagrama de Dispersão, que pode cruzar os dados obtidos em uma Folha de Verificação estratificada, verificando a relevância entre eles;
- O Diagrama de Pareto que utiliza os dados para demonstrar de forma clara quais os fatores de não-conformidades mais aparecem nos produtos.

2.4.2. Fluxograma

Conceito

O Fluxograma é uma representação gráfica que mostra todos os passos de um processo. Serve para descrever e estudar um processo (atual ou ideal) ou planejar as etapas de um novo (MALIK e SCHIESARI, 1998).

Rossato (1996) descreve Fluxograma como uma ferramenta fundamental, tanto para o planejamento (elaboração do processo) como para o aperfeiçoamento (análise, crítica e alterações) do processo.

Para Malik e Schiesari (1998) é importante que sejam indicados claramente o início e o fim do processo.

Quando construir um Fluxograma

Um Fluxograma pode ser construído: (ROSSATO, 1996)

- Para identificar o fluxo atual ou o fluxo ideal do acompanhamento de qualquer produto ou serviço, no sentido de identificar desvios;
- Para verificar os vários passos do processo e se estão relacionados entre si;
- Na definição de projeto, para identificar as oportunidades de mudanças, na definição dos limites e no desenvolvimento de um melhor conhecimento de todos os membros da equipe;
- Nas avaliações das soluções, ou seja, para identificar as áreas que serão afetadas nas mudanças propostas, etc.

Como construir um Fluxograma

Para a elaboração de um Fluxograma é necessário:

- Envolver as pessoas que participam do processo (ROSSATO, 1996) e (MALIK e SCHIESARI, 1998) ;
- Identificar as fronteiras do processo, mostrando o início e o fim, usando sua simbologia adequada (ROSSATO, 1996);
- Documentar cada etapa do processo, registrando as atividades, as decisões e os documentos relativos ao mesmo (ROSSATO, 1996).

É basicamente formado por três módulos (ROSSATO, 1996):

- Início (entrada) - assunto a ser considerada no planejamento.
- Processo - consiste na determinação e interligação dos módulos que englobam o assunto. Todas as operações que compõe o processo.
- Fim (saída) - fim do processo, onde não existem mais ações a serem consideradas.

Considerações finais sobre o Fluxograma

Segundo Malik e Schiesari (1998) as vantagens do Fluxograma são:

- Definir claramente os limites do processo.
- Útil no treinamento de novos funcionários.

- Utiliza símbolos simples (linguagem padrão de comunicação).
- Visão global do processo.
- Assegura solução para todas as alternativas.
- Identifica ciclos de retrabalho.
- Facilita a identificação de clientes e fornecedores.

2.4.3. Histograma

Conceito

Como foi dito anteriormente, todo processo construtivo é constituído de um grande número de fatores. Se todos esses fatores fossem constantes, não existiria variação nos dados obtidos numa amostra de um processo. Como isso não ocorre, deve-se tentar descobrir as causas das variações dos processos através de um determinado conjunto de dados.

Ao necessitar encontrar e mostrar uma distribuição de dados por gráfico de barras com certo número de unidades por categoria, usa-se um Histograma, ou seja, um Histograma é uma forma de representação gráfica da distribuição de frequência através de colunas ou barras.

Pimentel (2007) diz que o Histograma tem a finalidade de mostrar e entender como um conjunto de dados se distribui, ilustrando a variabilidade de um processo.

Segundo Rossato (1996), o Histograma foi desenvolvido por Guerry em 1833 para descrever sua análise de dados sobre um crime. Desde então, os Histogramas têm sido aplicados para descrever os dados nas mais diversas áreas.

Um Histograma tem como objetivo, para o controle de qualidade, analisar as variações de determinada característica de um processo quanto ao tipo de distribuição e existência de causa especial de variação.

Para que o Histograma seja utilizado de forma correta, deve-se tomar cuidado com a quantidade de dados utilizada. Quanto maior o tamanho da amostra, mais informações obtêm-se sobre a população, porém, se o número for grande demais, pode ser difícil a manipulação dos dados. Deve-se tomar cuidado também com a maneira com que as amostras são retiradas, para que estas sejam representativas de toda a população.

Um pré-requisito para a construção de um Histograma é a coleta e organização de dados. Esses dados podem ser organizados sob a forma de tabelas de frequências.

Quando construir um Histograma

São várias as aplicações dos Histogramas (Rossato, 1996), tais como:

- Verificar o número de produtos não-conformes;
- Determinar a dispersão dos valores de medidas em peças;
- Em processos que necessitam ações corretivas;
- Para encontrar e mostrar através de gráfico o número de unidade por cada categoria.

Como Construir uma tabela de freqüências

Kume (1993) fornece um roteiro para a construção de uma tabela de freqüências.

- Os dados devem estar previamente anotados, e de preferência em uma tabela como a Tabela 2.6.
- Deve-se calcular a amplitude R, para isso basta obter o maior e o menor dos valores observados. Independente da quantidade de dados da tabela esses valores podem ser obtidos rapidamente anotando-se no final de cada linha o valor máximo e valor mínimo observado na mesma.

A amplitude R é calculada como:

$$R = (\text{maior valor observado}) - (\text{menor valor observado})$$

- O passo seguinte é determinar o intervalo de classes. Esse é determinado de forma que a amplitude que compreende o maior e o menor dos valores seja dividida em intervalos de mesmo tamanho. Para isso basta dividir a amplitude por 1, 2 e 5 ou seus múltiplos (0,1; 0,2; 0,5, dentre outros) de forma a obter de 5 a 20 intervalos de classe de tamanhos iguais.
- Em seguida deve-se preparar um formulário como o da Tabela 2.7, para que sejam registradas as classes, o ponto médio, as marcas de freqüência e a freqüência.
- Determinam-se os limites dos intervalos, de forma que englobem o menor e o maior dos valores registrados, e anota-se na tabela de freqüência. O limite da primeira classe deve ser determinado, achando-se primeiro o limite inferior e adicionando-se a este o tamanho do intervalo de classes. Adiciona-se sucessivamente o tamanho do intervalo ao valor do limite anterior para obter os limites seguintes.
- Calcular o ponto médio das classes. O ponto médio da primeira classe deve ser feito com a média aritmética dos dois primeiros pontos. Os pontos médios seguintes podem ser obtidos utilizando-se a média anterior somando-se os intervalos de classes.
- Por fim registram-se os valores observados um por um usando marcas de contagem em grupos de 5 e anota-se o valor final de cada classe.

Tabela 2.6 – Dados originais para obtenção do Histograma.**Fonte: Kume (1993)**

Nº. da amostra	Resultado das medições (mm)									
	1-10	2,510	2,517	2,522	2,522	2,510	2,511	2,519	2,532	2,543
11-20	2,527	2,536	2,506	2,541	2,512	2,515	2,521	2,536	2,529	2,524
21-30	2,529	2,523	2,523	2,523	2,519	2,528	2,543	2,538	2,518	2,534
31-40	2,520	2,514	2,512	2,534	2,526	2,530	2,532	2,526	2,523	2,520
41-50	2,535	2,523	2,526	2,525	2,532	2,522	2,502	2,530	2,522	2,514
51-60	2,533	2,510	2,542	2,524	2,530	2,521	2,522	2,535	2,540	2,528
61-70	2,525	2,515	2,520	2,519	2,526	2,527	2,522	2,542	2,540	2,528
71-80	2,531	2,545	2,524	2,522	2,520	2,519	2,519	2,529	2,522	2,513
81-90	2,518	2,527	2,511	2,519	2,531	2,527	2,529	2,528	2,519	2,521

Tabela 2.7 – Tabela de freqüência.**Fonte: Kume (1993)**

	Classe	Ponto médio da classe	Marcas de freqüências	Freqüência <i>f</i>
1	2,5005-2,5055	2,503	/	1
2	2,5055-2,5105	2,508	////	4
3	2,5105-2,5155	2,513	//// //	9
4	2,5155-2,5205	2,518	//// //// //	14
5	2,5205-2,5255	2,523	//// //// //// //// //	22
6	2,5255-2,5305	2,528	//// //// //// //	19
7	2,5305-2,5355	2,533	//// ////	10
8	2,5355-2,5405	2,538	////	5
9	2,5405-2,5455	2,543	//// /	6
Total				90

Como Construir um Histograma

- Em uma folha de papel quadriculado, marque o eixo horizontal com uma escala, deixando um espaço aproximadamente igual ao intervalo de classe em cada extremidade do eixo horizontal, antes da primeira e após a última classe.
- Marque o eixo vertical do lado esquerdo com uma escala de freqüência e, se necessário, trace o eixo vertical do lado direito e marque-o com uma escala

de frequência relativa. A altura da classe com a frequência máxima deveria ser de 0,5 a 2,0 vezes a distância entre os valores máximo e mínimo do eixo horizontal.

- Marque os valores dos limites das classes no eixo horizontal.
- Usando o intervalo de classes como base, desenhe um retângulo cuja altura corresponda à frequência daquela classe.
- Trace uma linha no Histograma para representar a média e, se for o caso, trace também os limites da especificação.
- Numa área em branco do Histograma, anote o histórico dos dados (o período em que os dados foram coletados), a quantidade de dados (n), a média, e o desvio padrão.

A Figura 2.10 mostra o exemplo do Histograma construído com base nos dados da folha de frequência.

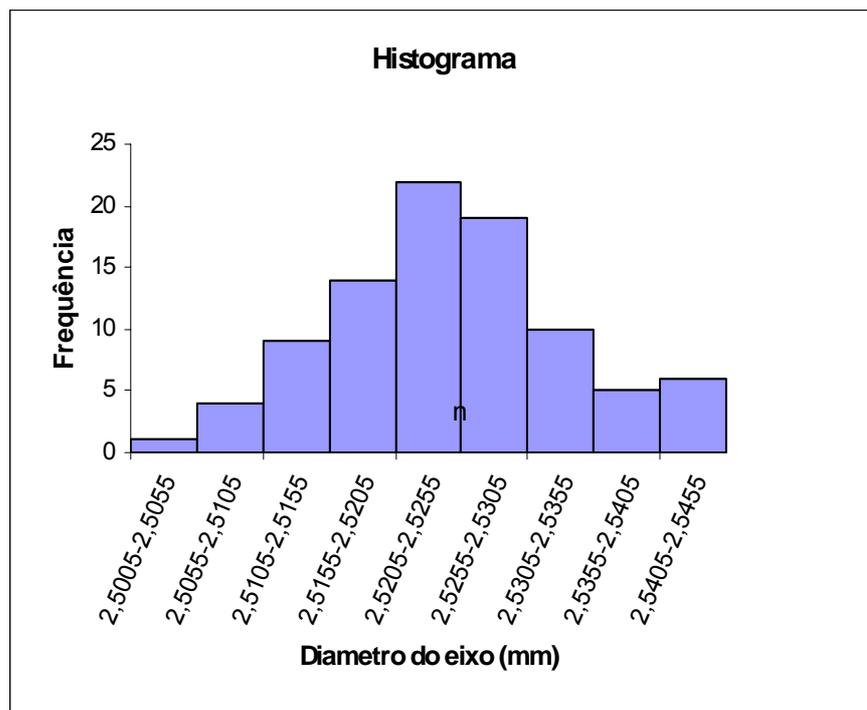


Figura 2.10 – Histograma

Adaptado de Kume (1993)

Tipos de Histogramas

Existem vários formatos de distribuição para os Histogramas. As formas mais típicas são mostradas na Figura 2.11.

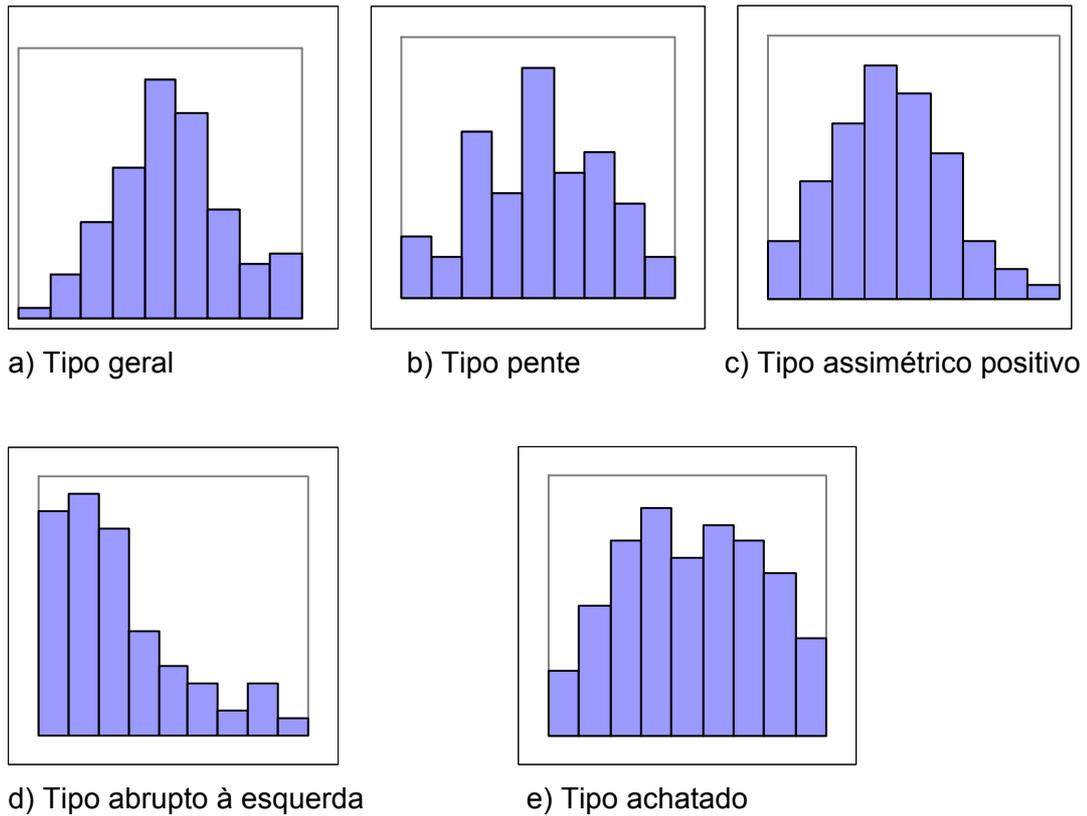


Figura 2.11 – Tipos de Histograma.

Adaptado de Kume (1993)

No caso de existirem limites para as especificações, estes devem ser traçados no Histograma para facilitar a visualização e avaliar a população.

Neste caso, o Histograma pode estar dentro da especificação com folga, ou sem folga necessitando que o grau de variação seja diminuído. Pode também estar fora das especificações necessitando que a média seja trazida mais para próxima do centro, ou que seja reduzido o grau de variação.

Pode ser feita ainda a estratificação dos dados, ou seja, a divisão dos dados em sub-populações, para facilitar a verificação das causas de variação. Kume (1993) ressalta que a estratificação é geralmente feita conforme os materiais, as máquinas, as condições de operação e os trabalhadores.

2.4.4. Diagrama de Pareto

Conceito

Atualmente as perdas constituem uma grande preocupação de quem procura gerir um processo produtivo. Dessa forma, para que seja possível melhorar qualquer sistema ou

processo é necessário antes dispor de uma ferramenta que permita entender o que está realmente ocorrendo (COSTA, 2006).

“Em 1897, o economista italiano Vilfredo Pareto apresentou uma fórmula mostrando que a distribuição de renda é desigual. Uma teoria semelhante foi apresentada pelo economista americano M.C. Lorenz, em 1907. O Dr. J.M. Juran aplicou o método gráfico de Lorenz como uma forma de classificar os problemas de qualidade nos poucos vitais, e denominou este método de análise de Pareto. Ele demonstrou que, em muitos casos, a maior parte dos defeitos e de seus custos decorre de um número relativamente pequeno de causas” (KUME, 1993).

A análise de Pareto é uma técnica de apresentação de dados que permite dividir um problema grande num grande número de problemas menores e que são mais fáceis de serem resolvidos. Como o método é baseado sempre em fatos e dados, ele permite priorizar os problemas de qualidade.

Normalmente a grande maioria das perdas é ocasionada por poucos problemas, denominados de poucos vitais, enquanto que a minoria das perdas é ocasionada por diversos problemas. Esses problemas são denominados de muitos triviais.

O Diagrama de Pareto é uma ferramenta útil que permite separar os problemas mais importantes, através de uma leitura rápida dos dados, assim permitindo a identificação e priorização dos poucos vitais.

Para Cortivo (2005) um Diagrama de Pareto é uma descrição gráfica de dados em ordem decrescente de frequência, para que, com a presente informação, se possam concentrar os esforços de melhoria nos pontos onde os maiores ganhos podem ser obtidos.

Pimentel (2007) enumera as finalidades de um Diagrama de Pareto como:

- Mostrar as contribuições relativas das falhas que produzem um problema.
- Separar as poucas causas críticas das muitas triviais (tipicamente, 80% das ocorrências de um problema deve-se a 20% das causas).
- Identificar onde os esforços devem ser priorizados.

É representado por barras dispostas em ordem decrescente, com a causa principal vista do lado esquerdo do diagrama decrescendo para as causas menores mostradas para o lado direito. Cada barra representa uma causa, sendo que sua importância é exibida em relação à total.

Existem dois tipos de Diagrama de Pareto. Costa (2006) define da seguinte forma:

- Diagrama de Pareto por efeitos: este é utilizado para descobrir qual é o maior problema entre os resultados indesejáveis. Bastante utilizado para estratificar problemas de qualidade (defeitos, reclamações), custo (gastos, montantes de perdas), entrega (atrasos, falta de estoques) e segurança (acidentes).

- Diagrama de Pareto por causas: este se refere às causas no processo. É utilizado para descobrir qual é a maior causa do problema, como: operador (turno, grupo, idade), máquina (equipamentos, ferramentas), matéria-prima (fabricante, fábrica, lote) e método de operação (condições, ordens, preparativos).

Como construir um Diagrama de Pareto

Para construir um Diagrama de Pareto, Kume (1993) indica algumas etapas, que são:

- Decidir quais os problemas que devem ser investigados e como coletar os dados. Ao decidir qual o problema de qualidade deve ser investigado em primeiro lugar, verificam-se quais dados são necessários e a maneira como coletá-los. Também é importante decidir o período relevante para que os dados sejam recolhidos.
- Elaborar uma folha de contagem de dados. Nesta devem ser listados os itens para contagem, ter espaço para registrar as quantidades e os respectivos totais. Como ilustrado na Tabela 2.8.

Tabela 2.8 – Folha de contagem de dados ou Folha de verificação.

Adaptado de Kume (1993).

Tipo de defeito	Marcas	Total
Deformação	...	104
Risco	42
Porosidade		20
Trinca		10
Mancha		6
Fenda		4
Outros		14
Total		200

- Preencher a folha de contagem de dados e calcular os totais.
- Preparar uma planilha de dados para o Diagrama de Pareto. Para o melhor entendimento dos dados obtidos, deve ser elaborada uma planilha conforme a

Tabela 2.9. Nesta devem ser discriminadas a quantidade de cada tipo de defeito, o total acumulado para que seja utilizado na curva de Pareto, a percentagem total geral e a percentagem acumulada.

Tabela 2.9 – Planilha de dados para elaboração do Diagrama de Pareto.

Fonte: Kume (1993)

Tipo de Defeito	Quantidade de defeitos	Total acumulado	Percentagem total geral (%)	Percentagem acumulada (%)
Deformação	104	104	52	52
Risco	42	146	21	73
Porosidade	20	166	10	83
Trinca	10	176	5	88
Mancha	6	182	3	91
Fenda	4	186	2	93
Outros	14	200	7	100
Total	200		100	

- v. Ordenar os itens em ordem decrescente de quantidade na planilha elaborada no item anterior. Deve-se preencher a planilha de dados em ordem decrescente de valores. Como normalmente não é possível identificar todos os problemas deve existir um item chamado de outros e que englobe todos os problemas menores que não serão verificados no diagrama. Esse item chamado de outros deve estar sempre na última linha independente de seu valor.
- vi. Traçar os eixos vertical e horizontal. No eixo vertical do lado esquerdo deve ser marcado com uma escala de zero até o valor do total geral. No eixo vertical do lado direito deve ser marcada uma escala de zero a cem em percentual. Já o eixo horizontal deve ser dividido num número de intervalos igual ao número de itens da classificação.
- vii. Construir um diagrama de barras, como da Figura 2.12.
- viii. Desenhar a curva acumulada. Devem ser marcados os valores acumulados de cada item na percentagem acumulada e em seguida ligar os pontos para obter a curva de Pareto como mostrada na Figura 2.12.
- ix. Anotar outras informações necessárias no diagrama. É importante que algumas informações extras sejam acrescentadas ao diagrama para que qualquer pessoa seja capaz de entender do que se trata o mesmo. Essas informações são, por exemplo, o título, unidades, quantidades significativas, período,

assunto, quantidade total de dados, local do levantamento dos dados, assim como qualquer outra informação que se fizer necessária para o esclarecimento do mesmo.

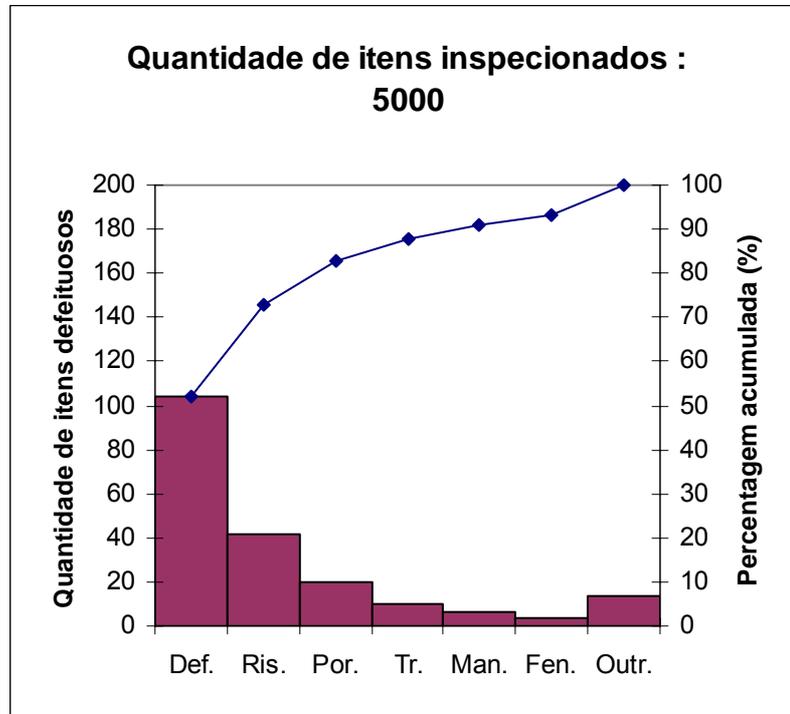


Figura 2.12 – Gráfico de Pareto por itens defeituosos.

Fonte: Kume (1993)

Segundo Vieira (1999) apud Costa (2006) alguns cuidados devem ser levados em consideração para que a coleta de dados seja feita de maneira correta dando fidedignidade a estratificação. São eles:

- Instruir o profissional que estará efetuando a coleta;
- Elaborar uma planilha de coleta de dados padronizada;
- Definir o tamanho e a frequência de coleta da amostra;
- Esclarecer o profissional o que é um critério ruim ou bom;
- Confirmar que o meio de medição está calibrado.

Considerações sobre o Diagrama de Pareto

Algumas considerações são importantes para a execução e o uso do Diagrama de Pareto:

1. Devem-se verificar várias classificações e construir muitos tipos de Pareto, a fim de analisar o problema de vários ângulos diferentes. É conveniente que os itens prioritários sejam tomados como problemas novos e que sejam construídos novos diagramas de Pareto, dessa forma pode-se chegar à causa principal dos problemas de qualidade.

2. Embora normalmente haja várias causas identificadas no total, é de interesse que se resolva primeiro as causas que terão maior impacto na melhoria da qualidade. Entretanto, se houver um item que tem um pequeno percentual de ocorrência, mas que pode ser resolvido com medidas simples e que não tomem muito tempo, esse deve ser atacado de imediato, pois servirá como exemplo de solução eficiente dos problemas.

3. Não é conveniente que o item outros tenha um valor muito alto, pois fica evidente que alguma causa importante não foi mencionada no diagrama. Neste caso, deve-se refazer o Diagrama de Pareto tentando encontrar a causa que elevou o percentual de “outros”, mesmo que essa não seja resolvida prioritariamente.

4. Como já foi mencionado, o item “outros” deve ser colocado por último no diagrama, por não ser um item estudado no momento.

5. Deve-se construir sempre um Diagrama de Pareto por causas assim que os problemas tenham sido identificados no diagrama por efeitos.

6. Sempre que as decisões financeiras de um problema forem importantes para a tomada de decisões, um valor monetário deve ser associado aos dados no eixo vertical. Utilizar o custo como unidade de medida, sempre que possível, pode ajudar a apreciar corretamente o estudo.

7. Rossato (1996) mostra uma relação entre o Diagrama de Pareto e o diagrama de Causa e Efeito e diz que: “após priorizar a causa do problema, através do Diagrama de Pareto, deve-se fazer um Diagrama de Causa e Efeito do problema. Esse nos auxiliará a enxergar aqueles itens que precisam ser verificados, modificados ou aqueles que devem ser acrescentados. Após faz-se novamente um Diagrama de Pareto das causas principais, determinando assim a causa que mais contribui para o efeito do problema”.

8. Da mesma forma, Rossato (1996) faz uma relação entre o Histograma e o Diagrama de Pareto mostrando que o Histograma envolve a medição dos dados, temperatura, dimensão, dentre outros, enquanto que o Pareto nos mostra o tipo do defeito e que com esta inter-relação dos dois podemos obter o tipo de defeito com o número da variação existente.

2.4.5. Diagrama de Dispersão

Conceito

Muitas vezes é necessário analisar a relação entre duas variáveis associadas. Para isso pode-se usar o Diagrama de Dispersão.

O Diagrama de Dispersão é um diagrama cartesiano bidimensional onde, sua simples observação já nos dá uma idéia bastante boa de como duas variáveis quantitativas se correlacionam, isto é, qual a tendência de variação conjunta que apresentam (COSTA NETO, 2002).

Segundo Kume (1993) as duas variáveis com as quais lidaremos são:

- Uma característica da qualidade e um fator que a afeta;
- Duas características da qualidade que se relacionam;
- Dois fatores que se relacionam com uma mesma característica da qualidade.

Construção do Diagrama de Dispersão

Segundo Kume (1993), para se construir um Diagrama de Dispersão deve-se seguir as seguintes etapas:

Coletar dados sob forma de par ordenado, em tempo determinado, entre as variáveis que se deseja estudar as relações. Esses pares devem ter quantidade suficiente para que se possa estudar a seu respeito e não ter um número grande demais para não dificultar sua análise. Segundo Kume (1993) um número adequado seria de 30 pares de dados.

Encontrar os valores máximo e mínimo, tanto para x como para y, construindo os eixos cartesianos de tal forma que sejam aproximadamente do mesmo tamanho.

Inserir os valores no diagrama. Kume (1993) sugere que quando valores iguais de dados forem obtidos a partir de diferentes observações deve-se mostrá-los desenhando círculos concêntricos.

Adicionar informações complementares, tais como: título do diagrama, nome das variáveis, período de coleta, tamanho da amostra e outros que possam ser úteis para que qualquer pessoa entenda do que se trata.

Interpretação do Diagrama de Dispersão

Existem muitos tipos de padrões de dispersão, podendo haver ou não correlação entre os dados. Esse tipo de avaliação é dado a partir de um diagrama montado de forma correta e também através da covariância, que é um indicador do grau e do sinal da correlação ou do chamado coeficiente de correlação linear de Pearson.

Em alguns casos a correlação entre as variáveis é tão aparente que a simples observação do diagrama já permite que as conclusões sejam tiradas. Como exemplo pode-

se analisar uma amostra de 20 pessoas com altura (cm)-x e peso (kg)-y, como na Tabela 2.10.

Tabela 2.10 – Dados para obtenção do Diagrama de Dispersão para relação entre altura e peso de um grupo de indivíduos.

Pessoa	Altura (cm)	Peso (Kg)	Pessoa	Altura (cm)	Peso (Kg)
1	174	73	11	183	99
2	162	61	12	185	62
3	170	72	13	168	64
4	180	94	14	158	60
5	182	79	15	185	98
6	164	59	16	183	95
7	156	53	17	161	58
8	168	64	18	174	77
9	176	81	19	177	93
10	175	84	20	174	77

Observa-se que na Figura 2.13 existe uma tendência em obterem-se valores maiores de x para valores maiores de y. Quando isso ocorre dizemos que há correlação linear positiva.

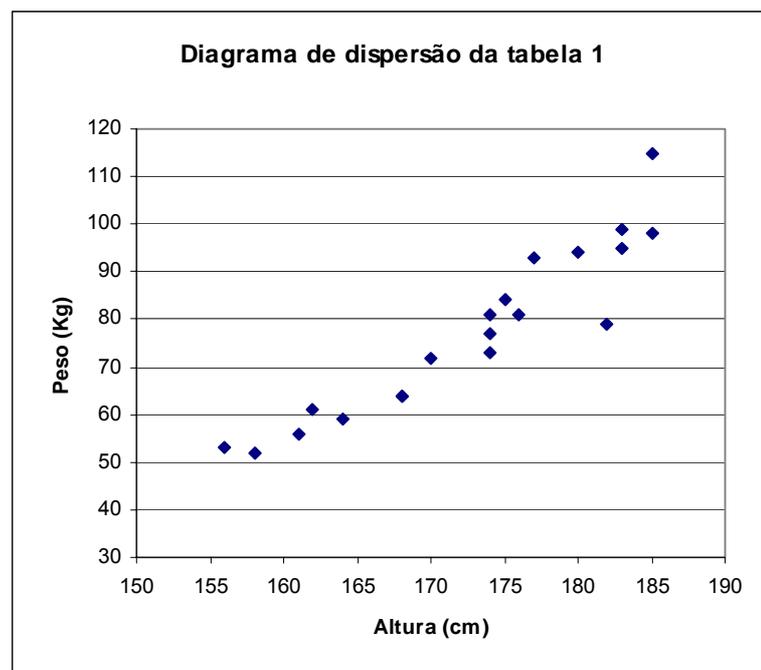


Figura 2.13 – Diagrama de Dispersão da Tabela 2.10 - Correlação linear positiva.

Para visualizar melhor a correspondência entre os dados pode-se utilizar uma linha de tendência, conforme a Figura 2.14, de forma que a correlação linear da Figura 2.13 fica mais evidente.

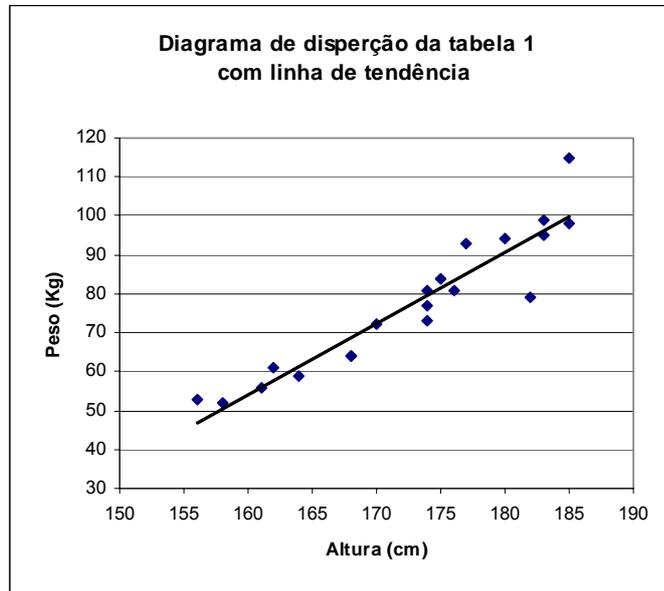


Figura 2.14 – Diagrama de Dispersão da Tabela 2.10 com linha de tendência - Correlação linear positiva.

Dá mesma forma, quando ocorre que, para valores maiores de x há uma tendência a se observar valores menores de y, então se pode dizer que há correlação linear negativa, como no exemplo da Figura 2.15.

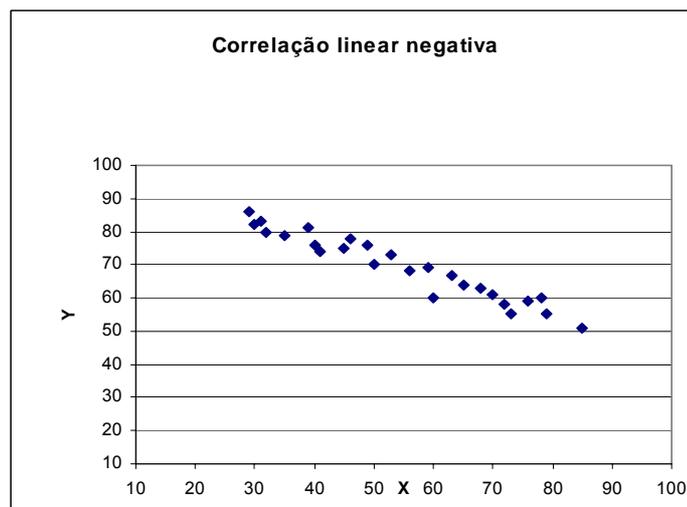


Figura 2.15 – Diagrama de Dispersão - Correlação linear negativa.

De forma equivalente a Figura 2.16 mostra a forte correspondência entre os dados ao adicionar-se uma linha de tendência.

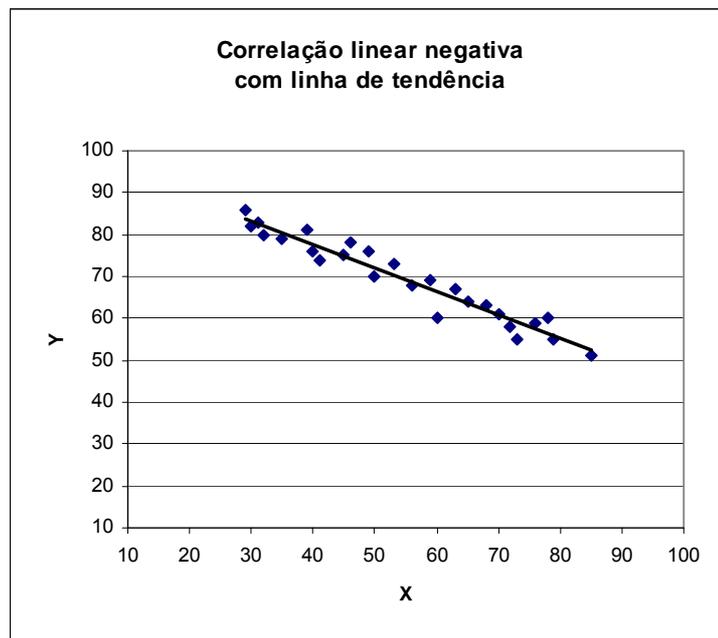


Figura 2.16 – Diagrama de Dispersão com linha de tendência - Correlação linear negativa.

Existem os casos de correlação linear nula onde as variáveis não têm correlação linear, como mostra a Figura 2.17. Entretanto pode haver algum outro tipo de correlação entre esses dados que não seja linear.

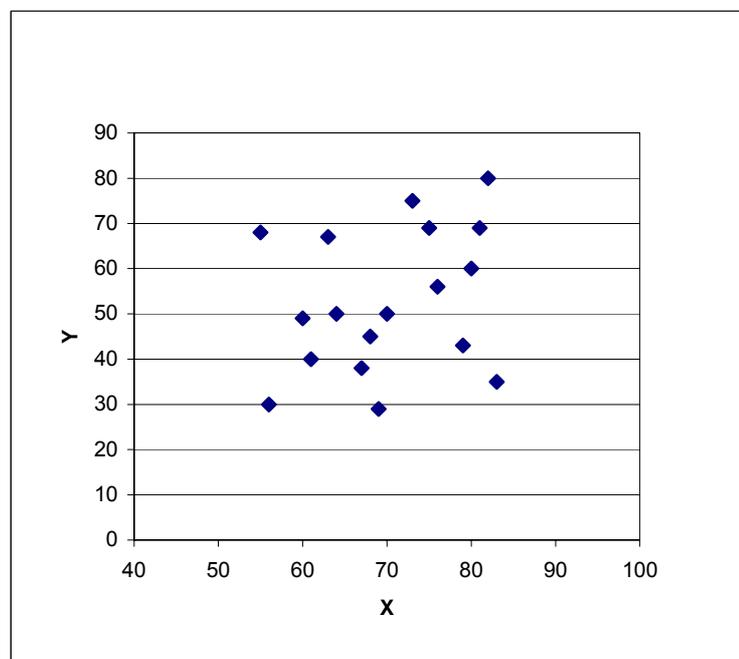


Figura 2.17 – Diagrama de Dispersão - Correlação linear nula.

A correlação linear é mais intensa quando os pontos apresentam uma tendência mais acentuada de se colocarem segundo uma reta.

Em alguns casos podem existir pontos totalmente afastados do grupo principal. Nesse caso Kume (1993) instrui a excluir esses pontos para a análise da correlação e depois dar a devida atenção, a fim de descobrir as causas que levaram estes a ocorrer.

Coeficientes de correlação

Em muitos casos obtêm-se um resultado no Diagrama de Dispersão que sugere que exista correlação, contudo essa não é tão clara. Então se pode expressar a correlação linear por meio da covariância, que é um indicador do grau e do sinal da correlação entre duas variáveis.

Entretanto, Costa Neto (2002) diz que é, em geral, mais conveniente usar para medidas da correlação, o chamado coeficiente de correlação linear de Pearson, ou, simplesmente, coeficiente de correlação, definido pela equação 2.1.

$$r = \frac{\text{COV}(x, y)}{s_x s_y}, \quad (2.1)$$

Costa Neto (2002) considera que esse coeficiente tem propriedades importantes por ser adimensional e variar entre -1 e +1, o que não ocorria com a covariância. Para valores próximos de +1 existe uma forte correlação positiva, enquanto que para valores próximos de -1 existe uma forte correlação negativa. Quanto mais próxima de zero é mais fraca a correlação entre as variáveis.

O valor de r é calculado com base nos n elementos de uma amostra aleatória e, portanto, representa apenas uma estimativa do verdadeiro coeficiente de correlação populacional.

É importante lembrar que a correta interpretação de um valor r calculado está diretamente ligada ao número de pontos com base no qual foi calculado.

Quando se deseja saber se um dado valor de r , combinado com o respectivo tamanho da amostra n , permite concluir, a um dado nível de significância α , se realmente existe correlação linear entre as variáveis, deve-se fazer o teste do coeficiente de correlação.

O estudo para realização destes testes deve ser feito se for necessário um aprofundamento para a análise de Diagramas de Dispersão onde não se consiga chegar de imediato a uma conclusão significativa sobre sua correlação.

2.4.6. Diagrama de Causa e Efeito

Conceito

Todo processo produtivo é constituído de um grande número de fatores. Kume (1993) ressalta que um processo é composto dos 5M's (homem, máquina, material, método e medição). Esses fatores podem ser organizados segundo uma relação de causa e efeito. Para estabelecer uma organização metodológica entre os fatores que desencadeiam um efeito principal e quais os que desencadeiam as causas, usa-se o Diagrama de Causa e Efeito.

Esta ferramenta foi desenvolvida em 1943 pelo Dr. Kaoru Ishikawa na Universidade de Tóquio. Ele usou isto para explicar como vários fatores poderiam ser comuns entre si e estar relacionados (ROSSATO, 1996).

Segundo Kume (1993) um Diagrama de Causa e Efeito é um diagrama que mostra a relação entre uma característica da qualidade e seus fatores relevantes.

Pode ser definido também como: "Uma representação gráfica que permite a organização das informações possibilitando a identificação das possíveis causas de um determinado problema ou efeito" (OLIVEIRA 1995: 29; apud Rossato, 1996).

Também chamado de diagrama de espinha de peixe, devido ao seu formato, ou diagrama de Ishikawa, em homenagem ao seu criador. Mostra-nos as causas principais de uma ação, as quais dirigem para as sub-causas levando ao resultado final.

Para Kume (1993) o diagrama é usado atualmente não apenas para lidar com características da qualidade de produtos, mas também em outros campos e tem encontrado aplicações no mundo inteiro.

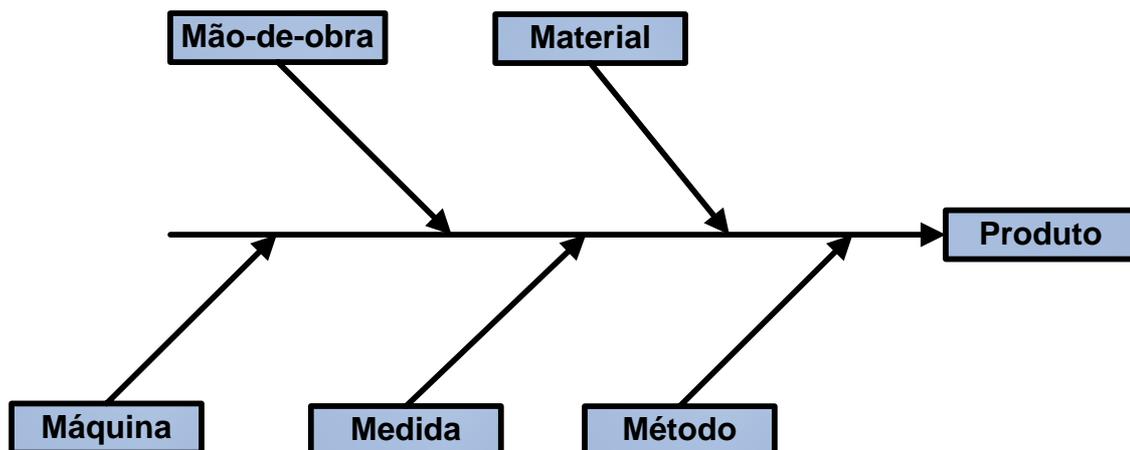


Figura 2.18 – Diagrama de Causa e Efeito.

Pode ser utilizado em ambientes industriais para a localização de causas de dispersão de qualidade no produto e no processo de produção. Ele é uma ferramenta gráfica utilizada para explorar e representar opiniões a respeito de fontes de variações em qualidade de processo, mas que pode perfeitamente ser utilizada para a análise de problemas organizacionais genéricos. A Figura 2.18 mostra os 5 Ms que compõem o diagrama básico de Causa e Efeito.

Quando construir um Diagrama de Causa e Efeito

Para Rossato (1996), um Diagrama de Causa e Efeito deve ser construído quando:

- Necessitar identificar todas as causas possíveis de um problema.
- Para obter uma melhor visualização da relação entre a causa e efeito delas decorrentes.
- Para classificar as causas fatorando em sub-causas, sobre um efeito ou resultado.
- Para saber quais as causas que estão provocando este problema.
- Para identificar com clareza a relação entre os efeitos, e suas prioridades.
- Em uma análise dos defeitos: perdas, falhas, desajuste do produto, etc. com o objetivo de identificá-los e melhorá-los.

Como construir um Diagrama de Causa e Efeito

Construir um Diagrama de Causa e Efeito não é uma tarefa simples. Kume (1993) afirma que as pessoas que tem sucesso na solução de problemas de controle de qualidade são aquelas bem sucedidas na construção de diagramas de Causa e Efeito úteis.

Para a construção do Diagrama de Causa e Efeito Kume (1993) fornece um roteiro como descrito abaixo:

- Determine as características da qualidade. Deve-se tentar encontrar todos os fatores importantes através da discussão sobre o assunto com o maior número de pessoas possível envolvidas com o sistema.
- Escolha uma característica da qualidade e a escreva no lado direito de uma folha de papel, a característica analisada deve ser expressa da forma mais concreta possível para que não haja dúvidas baseadas em generalidades.
- Devem ser elaborados diagramas distintos para cada característica de qualidade que se deseja estudar, caso contrário o diagrama pode ficar grande e complicado demais para se lidar.

- Em seguida desenhe a espinha dorsal apontada da esquerda para a direita, e enquadre a característica da qualidade num retângulo. Em seguida, escreva as causas primárias que afetam a característica da qualidade, associando-as às espinhas grandes, também dentro de retângulos.
- Escreva as causas (causas secundárias) que afetam as espinhas grandes (causas primárias), associando-as às espinhas médias e escreva as causas (causas terciárias) que afetam as espinhas médias, associando-as às espinhas pequenas.
- Estipule a importância de cada fator e destaque os fatores particularmente importantes que pareçam ter um efeito significativo na característica da qualidade.
- Registre quaisquer informações necessárias para que todos consigam entender do que se trata o diagrama. Essas informações podem ser sobre o tipo de produto que a característica da qualidade trata, o processo que está incluído, a relação de participantes na elaboração do diagrama, a data, o título, dentre outras que forem convenientes.

Considerações sobre o Diagrama de Causa e Efeito

O Diagrama de Causa e Efeito conduz a uma grande quantidade de causas, sem estabelecer exatamente quais as raízes do problema. É uma ferramenta bastante útil para o levantamento de direcionadores e para estabelecimento da relação entre o efeito e suas causas, contudo não indica necessariamente as causas que devem efetivamente ter prioridade em serem sanadas.

Para verificar quais causas devem ter prioridade em serem sanadas pode-se usar o diagrama de Pareto em conjunto com o Diagrama de Causa e Efeito.

2.4.7. Gráficos de Controle

Introdução ao Controle Estatístico do Processo

O Controle Estatístico da Qualidade refere-se à utilização de ferramentas estatísticas para a melhoria da qualidade de processos, produtos ou serviços produzidos ou prestados por empresas. Uma das técnicas utilizadas para esse fim, é o Controle Estatístico do Processo (CEP). O CEP consiste em uma técnica estatística de monitoração de processos de produção, que tem como objetivo principal a redução sistemática da variabilidade de características de qualidade de interesse (FALCÃO, 2001).

O Controle Estatístico da Qualidade, de que hoje se faz uso nos processos de prevenção de problemas, começou nos Estados Unidos, na década de 1930. Iniciou-se em 1924, com o Gráfico de Controle inventado por Walter A. Shewhart da empresa “Bell Telephone Laboratories”, antes os controles dos processos eram puramente baseados nos resultados das inspeções, detectando ou não produtos com defeito (QUINQUIOLO, 2002).

Quinquiolo (2002) relata que o objetivo de Shewhart era utilizar estes gráficos para trabalhar na prevenção dos problemas relacionados à qualidade, impedindo que produtos defeituosos fossem produzidos. A partir daí foi que se caracterizou o controle preventivo de anomalias.

O Controle Estatístico do Processo é uma metodologia gráfica que determina rapidamente quando o processo está fora do controle, sendo o processo então investigado para determinar as causas dessa condição anormal. O CEP é então uma ferramenta de análise que deve ser usada naquelas atividades onde se deseja meios de controle da qualidade no ambiente de trabalho (BASTOS FILHO, 1998).

Montgomery (1997) apud Falcão (2001) explica que o processo responsável pela fabricação de um produto deve ser capaz de operar com pouca variabilidade. O Controle Estatístico do Processo é uma ferramenta eficaz para alcançar a estabilidade e aumentar a capacidade de processos produtivos, através da redução sistemática da variabilidade presente nesses processos.

A qualidade de um produto fabricado por um processo está sujeita as variações, sendo que existem várias causas para estas (KUME, 1993). Inevitavelmente existirão variações de uma amostra de um produto para outro, visto que não existem dois produtos ou duas características exatamente iguais (BASTOS FILHO, 1998). Essas causas podem ser separadas em dois tipos, que são:

- Causa aleatória ou causa comum: é aquela que é inevitável, ocorre mesmo estando à operação com o uso de matérias-primas e métodos padronizados. É inerente a um processo que se encontra sob controle estatístico, podendo ser difícil de identificar, porém, faz parte de um sistema constante de variação. Neste caso não é conveniente, técnica e economicamente, eliminar as causas de imediato.

Processos que atuam sob a ação de causas comuns são ditos sob controle estatístico, pois apresentam sempre à mesma variabilidade ao longo do tempo (FALCÃO, 2001).

- Causa especial ou causa assinalável: É aquela cuja fonte de variação é relativamente grande e que ocorrem fora do sistema constante de variação, devendo ser identificada.

Para Falcão (2001) as causas especiais produzem anormalidades no processo, resultando em grandes variações. A variação devido a causas especiais, não segue um padrão aleatório, o que resulta em uma dispersão acentuada nas características de interesse. A presença de causas especiais reduz significativamente o desempenho de processos produtivos.

Desta forma a presença de causas especiais deve ser identificada e eliminada para que se possa diminuir a variabilidade no processo de produção, tornando-o mais confiável.

Ao reduzir a variabilidade existente em processos de produção, o CEP contribui para a melhoria da qualidade intrínseca dos produtos, da produtividade e da confiabilidade do sistema de produção, possibilitando a redução do custo de fabricação. Logo, os consumidores recebem produtos, ou serviços, de melhor qualidade com menores preços (BREWER, 1996 apud FALCÃO, 2001).

Para distinguir-se entre causas comuns e especiais atuantes sobre um processo produtivo, utilizam-se os chamados limites de controle do processo (LCS – limite de controle superior e LCI – limite de controle inferior), através de cartas de controle (ISHIKAWA, 1990 apud FALCÃO, 2001). Os limites de controle estabelecem os limites naturais de variabilidade do processo (FALCÃO, 2001).

Conceito dos Gráficos de Controle

No processo de fabricação de um produto existem vários fatores que compõem suas características, interferindo diretamente na qualidade deste. Se esses fatores fossem exatamente iguais não existiriam variações no produto final, mas o que ocorre é que tanto as matérias primas utilizadas, quanto o maquinário e a mão-de-obra sofrem alterações durante o tempo, causando variações no produto.

Kume (1993) afirma que quando consideramos o processo de fabricação sob o ponto de vista da variação de qualidade, podemos entendê-lo como um agregado das causas de variação, que causam mudanças nas características dos produtos. Se essas mudanças estiverem dentro de uma determinada especificação os produtos não são considerados defeituosos.

O Gráfico de Controle foi proposto por Sherwhart com a intenção de eliminar variações anormais pela diferenciação entre variações devidas a causas assinaláveis e aquelas devidas a causas aleatórias (KUME, 1993). Os gráficos de controle podem também ser chamados de cartas de controle.

Esses gráficos são, na verdade, esquemas visuais com o uso de uma bem elaborada fundamentação estatística, transparentes ao usuário, que usam análises mensuráveis das variações determinando limites dentro dos quais as medidas amostrais são plotadas

(PALADINI,2002). Desta forma, os gráficos de controle indicam se o processo está ou não sob controle, demonstrando a necessidade de se investigar as causas de condições anormais.

Para Rossato (1996) os gráficos de controle são gráficos utilizados para examinar se o processo está ou não sob controle. Sintetiza assim um amplo conjunto de dados, usando métodos estatísticos para observar as mudanças dentro do processo, baseado em dados de amostragem. Esses gráficos podem nos informar, em determinado tempo, como o processo está se comportando, se ele está dentro dos limites preestabelecidos ou se fora destes, sinalizando assim a necessidade de procurar a causa da variação.

Um Gráfico de Controle consiste de uma linha central, um par de limites de controle, um acima e outro abaixo da linha central, chamados limite superior e limite inferior respectivamente e valores plotados representando o estado de um processo.

Bastos Filho (1998) relata que o Gráfico de Controle introduziu o desenho dos limites de controle inferior e superior, LCI e LCS, respectivamente, determinados em relação a 3 (três) desvios padrões abaixo e acima da média. Quando o processo ultrapassa estes limites é considerado como estando fora do controle estatístico.

Um processo é dito sob controle quando os valores marcados encontram-se todos dentro dos limites especificados e quando não existe tendência especial nos valores, como mostra a Figura 2.19. Nesse caso a distribuição dos dados plotados no gráfico é aleatória e distribuída randomicamente, indicando que devem existir somente causas comuns para essa variação.

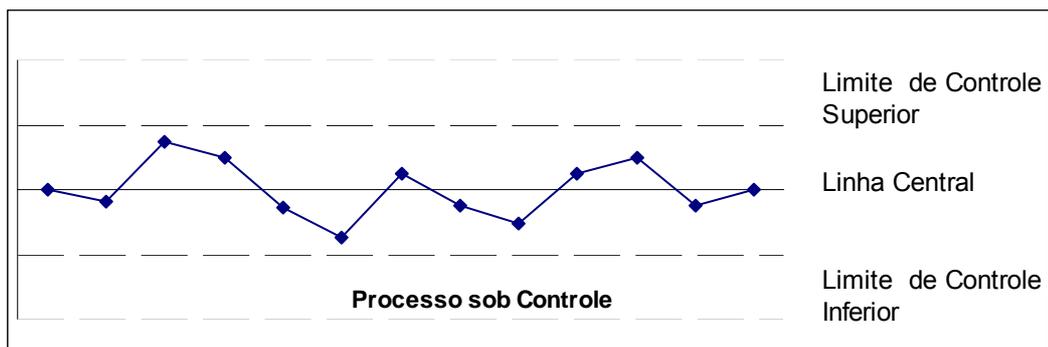


Figura 2.19 – Gráfico de Controle de um processo sob controle.

Rossato (1996) explica que apesar dos gráficos de controle sinalizarem como o processo está se comportando eles não informam como eliminar as causas destas variações.

Um processo é dito fora de controle quando existem pontos plotados fora dos limites de controle, como na Figura 2.20, onde existem três pontos acima do limite de controle

superior, ou quando existe uma tendência particular na distribuição dos dados como mostra a Figura 2.21, onde os pontos tendem a parte superior do gráfico. Neste último caso tanto pode existir um processo fora de controle, quanto às causas comuns podem não ter sido avaliadas corretamente, ocasionando a geração dos limites de controle superior e inferior de forma incorreta. Em qualquer destes casos às causas que ocasionaram essa variação devem ser detectadas e eliminadas.

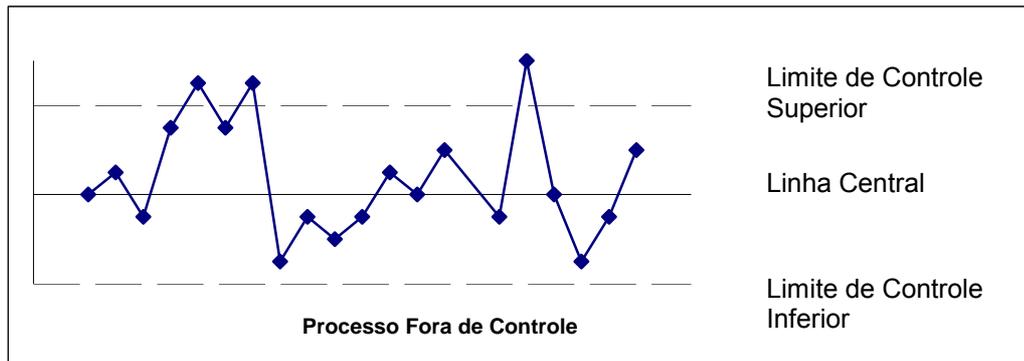


Figura 2.20 – Gráfico de Controle de um processo fora controle.

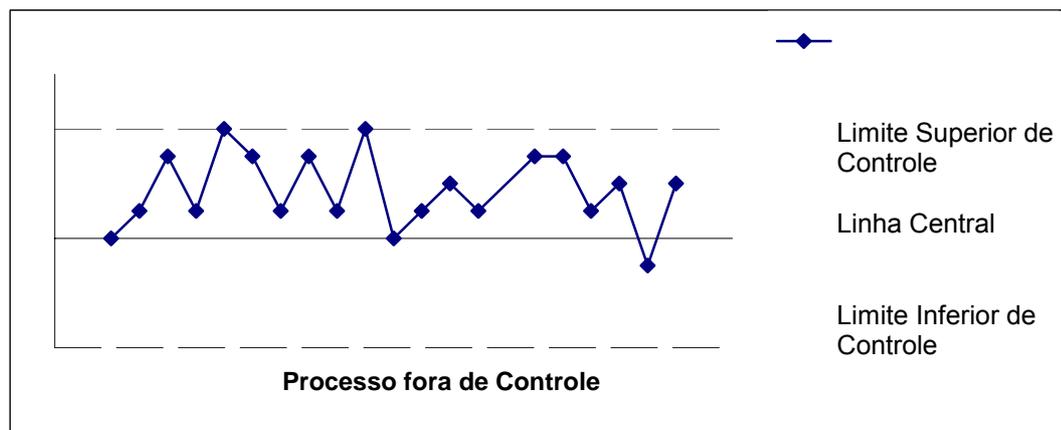


Figura 2.21 – Gráfico de Controle de um processo fora controle.

Basicamente, os Gráficos de Controle, são gráficos de medição de uma ou mais características importantes de um produto.

Quando construir um Gráfico de Controle

Para Rossato (1996) um Gráfico de Controle deve ser utilizado para:

- Verificar se o processo está sob controle, ou seja, dentro dos limites preestabelecidos.
- Controlar a variabilidade do processo, ou o grau de não-conformidade.

Como construir um Gráfico de Controle

Para construir um Gráfico de Controle, é necessário estimar a variação devida às causas aleatórias. Para isso, dividem-se os dados em subgrupos, onde a variação possa ser considerada aproximadamente igual à variação devida a causas comuns, para isso os fatores principais como matérias-primas, operadores, máquinas devem ser comuns (KUME, 1993).

Inicialmente devem ser coletadas amostras do objeto de monitoração do processo analisado. As amostras podem ser unitárias ou de tamanho maior que 1. Essas amostras devem ser coletadas periodicamente durante o processo de produção, sendo que a frequência das coletas de dados é determinada a partir de considerações técnicas e econômicas.

Os dados coletados são divididos em subgrupos.

Existem alguns tipos de cartas de controle sendo que, em todas, a base para a construção é a mesma. Os limites de controle são calculados pela equação:

$$(\text{valor médio}) \pm 3 \times (\text{desvio-padrão}),$$

onde o desvio-padrão é o da variação devida as causas aleatórias, sendo chamados de limite de controle superior (LSC) e limite de controle inferior (LSI) e uma linha central (LC).

Os passos para a construção de um Gráfico de Controle, (DOTY, 1990 apud BASTOS FILHO, 1998), são os seguintes:

- Selecionar a característica da qualidade.
- Desenvolver um plano de inspeção.
- Selecionar um tipo de Gráfico de Controle.
- Escolher tamanho apropriado da amostra.
- Coletar os dados.
- Determinar os limites de controle tentativos.
- Determinar os limites de controle revisados.
- Construir e revisar o Gráfico de Controle.
- Continuar usando o gráfico.

Em primeiro lugar deve-se realizar a seleção da característica da qualidade a ser escolhida para análise por Gráfico de Controle, onde essa análise depende diretamente das características do produto que se queira controlar. Em seguida, estabelece-se um roteiro ou método para as medições.

A escolha do Gráfico de Controle apropriado (variável ou atributo) dependerá da natureza da medição e dos custos envolvidos. O tamanho da amostra depende do método de análise que está sendo utilizado, assim como do custo e do tempo considerados. Para

ser estatisticamente viável, o tamanho da amostra deve consistir de 100 ou mais medidas ou observações (BASTOS FILHO, 1998).

Um tamanho de amostra normal usado para gráficos de controle por variáveis é composto usualmente por 25 subamostras de quatro ou cinco itens cada. O tamanho da subamostra pode variar de acordo com o grau de precisão desejado (BASTOS FILHO, 1998).

A coleta das amostras deve ser feita de modo que as amostras sejam independentes, randômicas e homogêneas, para representar apropriadamente as características da população.

Os limites de controle são aqueles valores que estão mais ou menos 3σ do valor médio, com 99,73 % de chances de todas as medidas estarem dentro desta faixa.

Todos os gráficos de controle são baseados na curva normal básica (Gaussiana). Os gráficos de controle representam uma figura contínua do processo de qualidade e provêm fundamentos para a qualidade e melhoria do processo (BASTOS FILHO, 1998).

Para Rossato (1996) existem dois pré-requisitos para a construção de um Gráfico de Controle, que são:

1. Coletar dados
2. Calcular os parâmetros estatísticos:
 - Valor médio;
 - Média total;
 - Dispersão;
 - Média da dispersão;
 - Linhas de controle;
 - Fração defeituosa;
 - Número de não-conformidade;
 - Número da não-conformidade com variação;

Para que depois se possa executar a construção de um Gráfico de Controle seguindo a seguinte seqüência:

1. Coletar dados.
2. Calcular os parâmetros estatísticos de cada tipo de gráfico.
3. Desenhar as linhas de controle.
4. Plotar as médias das amostras no gráfico.
5. Verificar se os pontos estão fora ou dentro dos limites de controle.

2.5. Ciclo PDCA

A gestão da qualidade destina-se a melhoria incremental do processo e a manutenção destas melhorias. Isso significa implementar o gerenciamento repetitivo via PDCA (*Plan, Do, Check, Action*).

O PDCA é um método que visa controlar e conseguir resultados eficazes e confiáveis nas atividades de uma empresa, podendo ser usado de forma contínua para o gerenciamento das atividades de uma organização. Consiste em uma seqüência de procedimentos lógicos, baseados em fatos e dados.

É um eficiente modo de apresentar melhorias no processo, padronizando as informações do controle da qualidade e tornando-as mais fáceis de manusear; também é uma maneira muito eficaz de manter melhorias alcançadas.

O controle de qualidade teve início nos anos 30, com a aplicação do Gráfico de Controle desenvolvido por Walter A. Shewart, chamado ciclo PDCA (MALIK, 1998). Foi utilizado durante a segunda guerra mundial fazendo com que os americanos conseguissem produzir alimentos militares com qualidade, em grande quantidade e com baixos custos.

Algumas décadas depois começou a ser também chamado de ciclo de Deming, pois foi Edward Deming seu maior divulgador, ficando amplamente conhecido ao ser aplicado nos conceitos de qualidade no Japão.

Como diz Malik (1998), no Japão a dificuldade de compreensão da lógica estatística retardou a introdução do controle de qualidade. Seguiu-se o modelo taylorista, em que a inspeção ocupava lugar de destaque.

Campos (1990) ressalta que se costumava atribuir o sucesso dos japoneses em qualidade e produtividade à “disciplina” do povo ou à sua cultura; no entanto o verdadeiro sucesso comercial dos japoneses nas últimas décadas é fruto do gerenciamento metódico e praticado por todos na empresa: o controle de processos pelo ciclo PDCA.

Como define Werkema (1996) o ciclo PDCA é um método gerencial de tomada de decisões para garantir o alcance das metas necessárias à sobrevivência de uma organização. O ciclo PDCA utilizado para manter as metas alcançadas também é chamado SDCA.

O ciclo PDCA é composto de quatro fases: Planejar, Executar, Verificar e Atuar corretivamente. Para isso no giro PDCA deve-se coletar dados, medir resultados, compará-los com a meta prevista e adotar as medidas corretivas mais adequadas. Portanto, será necessária a utilização de ferramentas para a coleta, o processamento e a disposição de dados a fim de que sejam tomadas as devidas ações corretivas.

Sendo baseado nos dados fornecidos e nos resultados obtidos é fácil perceber a importância que tem as medições realizadas para que os dados coletados sejam confiáveis,

para que se possa garantir que as ações tomadas a partir da análise dos dados coletados sejam realmente adequadas.

Segundo Campos (1990) o PDCA é composto de quatro fases básicas de controle sendo subdividido e implementado em seis etapas como mostra a Figura 2.22.

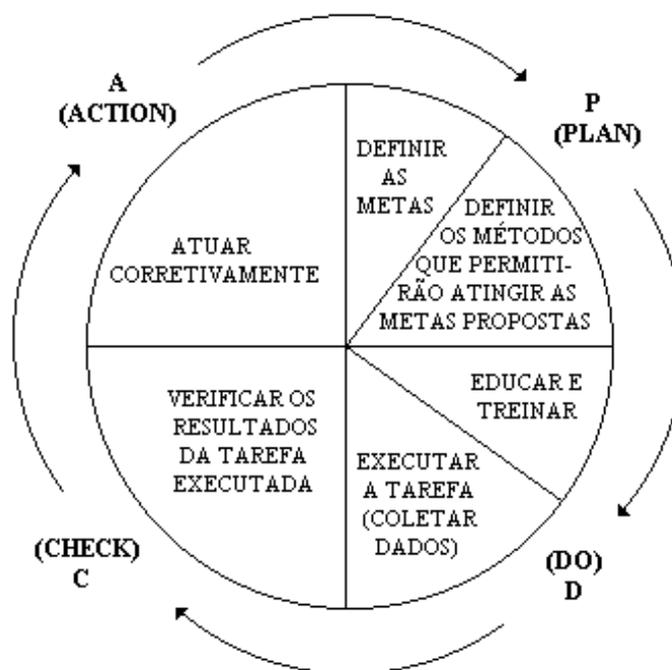


Figura 2.22 – Ciclo PDCA de controle de processos.

Fonte: Campos (1990)

1 - P (*Plan* = Planejar)

Essa etapa inicial é estabelecida com base nos anseios da empresa. São estabelecidas metas e em decorrência destas traçam-se planos de ação para que as mesmas sejam alcançadas.

Ao executar um planejamento deve-se inicialmente verificar quais os itens devem ser controlados. Esses itens são escolhidos a partir da identificação dos problemas existentes e devem ser desdobrados em problemas cada vez menores, a fim de estabelecer suas prioridades para controle ou melhoramento.

De acordo com os itens escolhidos para controle devem-se estabelecer as metas a serem alcançadas a partir de dados já existentes. As informações contidas nestes dados devem ser as mais precisas e representativas possíveis para tornar confiáveis às soluções propostas.

Após a análise e a definição das causas geradoras dos problemas a serem controlados e o estabelecimento das metas a serem alcançadas deve-se estabelecer quais os métodos permitirão atingi-las. Para isso é preciso estabelecer um plano que pode ser um cronograma, um gráfico ou um conjunto de padrões (CAMPOS, 1990).

2 - D (*Do* = Executar)

Essa etapa consiste em executar as tarefas como previsto no planejamento e coletar dados para a fase de verificação.

Em primeiro lugar o treinamento dos funcionários que ficaram encarregados de executar as tarefas deve ter atenção especial para que estes possam implementar no trabalho o método a ser empregado de forma eficiente. Tanto o treinamento como a educação, a motivação e o comprometimento das pessoas envolvidas no processo é de grande importância para que o planejamento seja seguido exatamente como o previsto.

Em seguida executa-se o planejado conforme as metas e métodos definidos. As atividades devem ser supervisionadas para garantir que os procedimentos sejam executados como o plano.

Deve ser feita a coleta de dados, que serão utilizados na etapa seguinte para a verificação do desempenho do processo. A tarefa de coletar dados é de grande importância para a correta avaliação dos resultados, sendo assim os operários encarregados desta devem ter a consciência da relevância de sua função e devem ser treinados para executá-la de forma eficaz.

3 – C (*Check* = Verificar)

Em seguida, verifica-se o processo a partir dos dados coletados na execução e avaliam-se os resultados obtidos comparando-os com a meta planejada.

Devem-se verificar continuamente os trabalhos para ver se estão sendo executados conforme o planejado, verificar os resultados que estão sendo obtidos e se os valores medidos variaram, comparando-os com o padrão.

4 - A (*Action* = Agir)

Nesta última etapa são tomadas ações para padronizar os métodos propostos, caso as metas tenham sido alcançadas e que nenhum melhoramento necessite ser executado.

Caso sejam detectados desvios em relação às metas, devem ser tomadas ações corretivas baseadas nos resultados da fase anterior, visando corrigir o processo, de modo que os problemas não voltem a ocorrer.

Dentre alguns os autores que escreveram sobre o ciclo PDCA existem diferentes tipos de abordagens sobre o assunto, devido principalmente à finalidade a que se destina a sua aplicação. Neste trabalho será utilizada a visão de Campos (1990) que divide o ciclo PDCA em dois tipos segundo a repetitividade ou a não-repetitividade dos processos.

- O ciclo PDCA na Abordagem por sistemas (Rotina)

A abordagem por sistema (rotina) é aquela conduzida em processos repetitivos tais como: laminar aço, fazer concreto, assentar ladrilhos, dentre outros como explica Campos (1990). Os procedimentos para a execução destes serviços devem ser sempre os mesmos, por isso os processos devem ser padronizados.

Para a abordagem por rotina:

Planejar (P) – Esta etapa consta do estabelecimento de um sistema de padrões e de manuais de treinamento, que façam chegar ao executor da tarefa todas as informações de procedimento, técnicas e controle de forma clara e simples. Deve-se também estabelecer as metas de rotinas baseadas no desempenho atual do processo.

Executar (D) – A correta execução das tarefas depende principalmente de um treinamento correto e metódico de acordo com os manuais de treinamento que foram elaborados na fase de planejamento. Os executores das tarefas também devem ser treinados para que possam fazer a coleta de dados de forma correta.

Verificar (C) – Nesta etapa os dados coletados na fase anterior são comparados com a meta. Se os resultados estiverem dentro do estabelecido o ciclo PDCA continua girando normalmente. Se os resultados estiverem fora da meta deve-se verificar primeiramente se os padrões foram obedecidos, se a resposta for negativa deve-se proceder a um novo treinamento para sanar a deficiência de entendimento das instruções. Se os padrões foram observados é sinal que não estão corretos devendo ser revistos na fase seguinte do PDCA. Uma ferramenta bastante útil nesta etapa é o controle estatístico do processo.

Atuar (A) – Ao serem detectadas falhas no padrão, este deve ser alterado de forma que os problemas sejam solucionados e que as causas fundamentais das falhas sejam removidas. A eliminação definitiva da causa fundamental é também chamada de “bloqueio”.

- O ciclo PDCA na Abordagem por Projetos

Como nos diz Campos (1990), a abordagem por projetos é aquela conduzida em processos não-repetitivos tais como: construção de um edifício, redução de custos, dentre outros. Este procedimento é usado tanto na eliminação de problemas como em melhorias, onde podemos definir as etapas do ciclo como:

Planejar (P) – Como os processos analisados agora não são mais repetitivos os padrões e manuais de treinamento darão lugar ao planejamento individualizado. Esse planejamento contará com cronogramas, gráficos, planilhas e orçamentos de tal forma que todos os envolvidos saibam como alcançar a meta sem que haja a necessidade de alterar prazos ou custos. Esse tipo de planejamento pode ser iniciado a partir de prazos, de recursos financeiros, recursos humanos, materiais ou de outros fatores, dependendo do tipo de projeto. A partir da determinação do item de controle principal para o projeto serão estabelecidas as metas e planos, compatibilizando todos os outros fatores e recursos.

Executar (D) – Como cada projeto tem seu próprio planejamento, os treinamentos metódicos e os manuais dão lugar ao entendimento sobre o funcionamento do ciclo PDCA, sobre a correta execução de suas tarefas e a importância de manter os prazos em dia.

Verificar (C) – Devem ser verificados os prazos, recursos materiais e financeiros dos projetos para que o plano seja respeitado. Se houver necessidade devem ser conduzidas ações corretivas.

Atuar (A) – Se houver necessidade de corrigir os prazos e recursos, as causas fundamentais dos desvios devem ser procuradas. Pode ocorrer que o planejamento seja inviável e que deva ser refeito ou simplesmente que o cronograma seja colocado em dia sem maiores prejuízos as metas. De toda forma faz-se necessária à identificação e dentro do possível o bloqueio das falhas.

2.6. Indicadores da Qualidade e Produtividade

De acordo com o PMI (2000) apud Bertezini (2006), um empreendimento caracteriza-se por apresentar caráter temporário e por ter como objetivo desenvolver um único produto ou serviço. Temporário porque cada empreendimento apresenta definido seu início e fim e único porque cada produto ou serviço é diferente em algum aspecto dos outros produtos ou serviços oferecidos. Nesse sentido, um empreendimento pode ser único mesmo pertencendo a um grande setor, como é o caso da construção de edifícios.

Sendo assim torna-se necessária à obtenção de meios de controle que auxiliem na avaliação e melhoria da qualidade dos produtos colocados no mercado por este setor.

A necessidade de desenvolver métodos objetivos de avaliação da qualidade tem elevado o interesse das organizações em investir em mecanismos quantitativos, precisos, de fácil visibilidade e perfeitamente adequados a processos dinâmicos (PALADINI, 2002). Para realizar esse processo de avaliação foram formulados os chamados indicadores, baseados em informações que envolvem a coleta e o registro de dados para análise.

Para Agopyan (2001) apud Bertezini (2006), cada edifício pode apresentar uma realidade distinta, com elementos funcionais, instalações, orçamentos e prazos específicos.

Com isso no setor da construção civil existe a necessidade da obtenção de um conjunto de indicadores que possa ser adaptado às diversas realidades a que pode estar exposto.

O desempenho de uma empresa pode ser melhorado através da implementação de sistemas de medição de desempenho. Essa medição deve ser realizada como parte integrante do sistema gerencial da empresa, constituindo um sistema de apoio para planejamento, solução de problemas, controle, desenvolvimento de melhorias e motivação dos recursos humanos (NORIE, 2007).

A medição de desempenho é um processo pelo qual se decide o que medir e se faz a coleta, acompanhamento e análise dos dados (SINK; TUTTLE, 1993 apud COSTA, 2003).

Ao ser decidido quais processos devem ser acompanhados sob a forma de medições, devem ser definidas as formas de medição e avaliação assim como a periodicidade de acompanhamento e o grau de desempenho satisfatório.

Os indicadores cumprem um papel fundamental na motivação das pessoas envolvidas no processo. Sempre que uma melhoria está sendo implantada é importante que um ou mais indicadores associados à mesma sejam monitorados e sua evolução seja amplamente divulgada na organização (SINK; TUTTLE, 1993 apud COSTA, 2003).

Para Costa (2006) conhecer os indicadores da qualidade é estar atualizado em relação às necessidades e desejos dos consumidores, fazendo com que tomemos decisões precisas e corretas sobre os processos.

Para Paladini (2002) esses indicadores são elementos básicos da avaliação da qualidade que envolve:

- O planejamento da coleta;
- A organização dos dados obtidos;
- A classificação das informações, sobretudo em termos de sua representatividade, confiabilidade e importância;
- A veiculação, seguindo um fluxo que favoreça a análise de valor de cada informação, em cada momento e em cada contexto considerado.

Segundo Costa (2003) um indicador pode ter a função de visibilidade, ou seja, demonstrar os desempenhos atuais de uma organização, indicando seus pontos fortes ou

fracos, ou chamando a atenção para suas disfunções. Desta forma pode-se estabelecer prioridades em programas de melhoria da qualidade, indicando os processos nos quais as intervenções são mais importantes ou viáveis.

Para Formoso et al.(2007) uma das funções de um indicador é o controle de um processo em relação a um padrão previamente estabelecido, avaliando seu desempenho e identificando desvios.

O monitoramento de um indicador permite identificar os locais em que ocorrem não-conformidades em um processo, permitindo que sejam identificadas e solucionadas suas causas.

Costa (2003) explica que a medição também tem o papel de orientar a melhoria, indicando sobre o que concentrar a atenção e onde os recursos devem ser disponibilizados para identificar as oportunidades de melhoria ou verificar o impacto das estratégias sobre o desempenho do processo ou da organização.

A medição como controle é uma das aplicações mais comuns e bem compreendidas. É utilizada para previsão, estimativa e solução de problemas. Nesse caso, a medição visa a controlar a variação do desempenho em relação aos padrões de comportamento previamente estabelecidos, identificando desvios e corrigindo a tempo as causas dos mesmos (SINK e TUTTLE, 1993 apud COSTA, 2003).

O processo de ensinar o que é medição e o seu papel na organização torna-se mais fácil quando iniciado com uma orientação para melhoria, pois surge uma motivação natural para medir (SINK e TUTTLE, 1993 apud COSTA, 2003).

Sink e Tuttle (1993) apud Costa (2003) argumentam que existem problemas que podem inviabilizar a eficácia da medição para os indicadores da qualidade, visto que em algumas organizações, a medição de desempenho é considerada como um mecanismo de controle e punição, sendo utilizada para identificação das pessoas que tiveram baixo desempenho, gerando, então, um ambiente de intimidação.

Esta atitude é perigosa para a empresa, pois pode vir a criar um clima de insatisfação nos envolvidos no processo de medição que gere uma resistência para coletar e analisar devidamente os números obtidos. Faz-se necessário demonstrar a toda a equipe que os valores obtidos serão utilizados para o alcance de melhorias e conseqüentes benefícios para todos na empresa.

Uma das barreiras no processo de medição é quando existe um tempo muito longo entre a coleta e a análise dos dados, pois quando os dados retornam às pessoas envolvidas no processo, estes são apenas dados históricos não permitindo a realização de intervenção para melhoria do processo. (LANTELME, 1999 apud COSTA, 2003).

Formoso et al (2007) ressalta que um indicador é um instrumento indispensável para o estabelecimento de metas ao longo de um processo de melhoria contínua, assim como um componente indispensável de um programa para melhoria da qualidade.

Formoso et al (2007) relata ainda que os indicadores cumprem um papel de fundamental importância na motivação das pessoas envolvidas no processo. Sempre que uma melhoria está sendo implantada é importante que um ou mais indicadores sejam associados à mesma e sejam monitorados sendo a evolução amplamente divulgada na organização.

Sendo assim todos os envolvidos no processo sentiram prazer em contribuir para a melhoria contínua de suas atividades e da qualidade do produto final. Esse é um dos princípios de Deming que aconselha que as barreiras que privam o operário do direito de orgulhar-se de seu desempenho devem ser eliminadas.

A seguir são apresentadas as análises de autores sobre a conceituação e formulação de indicadores.

2.6.1. Definições de sistemas de indicadores de Qualidade e Produtividade

2.6.1.1. Primeira definição de Indicador de Qualidade e Produtividade.

Definição segundo Paladini (2002)

A primeira definição sobre os indicadores de qualidade e produtividade refere-se à definição dada por Paladini (2002).

Paladini (2002) define indicador da qualidade e da produtividade como um mecanismo de avaliação formulado em bases mensuráveis. Logo, a primeira condição para que exista um indicador é que exista uma forma de quantificar o que se deseja avaliar.

Contudo para considerar-se um indicador de qualidade e produtividade, este deve também conter características definidas por Paladini (2002) como:

- Objetividade;
- Clareza;
- Precisão;
- Viabilidade;
- Representatividade;
- Visualização;
- Ajuste;

- Unicidade;
- Alcance;
- Resultados.

Cada uma dessas características é explicada a seguir:

- Objetividade – O indicador deve expressar de forma simples e direta a situação a qual se refere à avaliação. Ao poder ser quantificado o indicador, muitas vezes, já mostra com clareza seu objetivo. Contudo, se necessário, devem ser feitos outros esclarecimentos, para que não haja dúvidas sobre o que se refere o indicador.
- Clareza – O uso dos indicadores de qualidade será feito por pessoas de diferentes níveis de instrução e formação, por esse motivo torna-se necessário que o manuseio do indicador seja suficiente claro, para que qualquer funcionário possa ser capaz de utilizá-lo de forma correta.
- Precisão – Os indicadores não devem ser apenas compreendidos por todas as pessoas envolvidas no processo, e sim, compreendidos da mesma forma, ou seja, não deve haver duplicidade de interpretação.
- Viabilidade – Para que possam ser estruturados, os indicadores devem ser baseados em fatos e dados já existentes. Isso quer dizer que deve existir previamente um conjunto de informações que torne possível sua utilização, já que um indicador não é utilizado para medir intenções ou metas a serem atingidas.
- Representatividade – O conjunto de dados necessários para viabilizar a utilização do indicador deve expressar exatamente o que ocorre no universo do produto que está sendo estudado.
- Visualização – Os indicadores devem propiciar imediata visualização do processo sob avaliação. Para isso, muitas vezes, utilizam-se imagens como gráficos para expressar a realidade da situação sob análise, concedendo-lhe maior clareza.
- Ajuste – Os indicadores devem ser adaptados à realidade da empresa a que se refere, não devem ser simplesmente importados de outras instituições, eles devem refletir o que existe na organização. Essa característica ressalta o cuidado que se deve ter na seleção dos indicadores a utilizar em cada caso.
- Unicidade – O indicador deve ser claro e preciso para que possa ser utilizado sempre da mesma forma nas várias vezes em que uma operação se repete dentro de uma organização. Dessa forma seus resultados serão confiáveis e

poderão ser comparados em diversos momentos, propiciando uma avaliação realista dos seus valores.

- Alcance - Apesar do meio para a utilização dos indicadores ser pautado nos resultados obtidos em um estágio do processo produtivo, o foco é a avaliação das causas geradoras do que se pretende avaliar.
- Resultados – Os indicadores enfatizam um processo de avaliação que parte sempre do que se tem efetivamente na organização, em resultados que já foram obtidos, podendo também avaliar até que ponto determinadas ações conduz a determinados resultados.

Além dessas características, Paladini (2002) ainda cita uma característica, considerada como básica, que diz que os indicadores sempre se referem a consumidores e clientes, medindo sua satisfação e a probabilidade que clientes se transformem em consumidores.

Definição de Indicador segundo Paladini (2002)

Segundo Paladini (2002) um indicador fica perfeitamente definido se forem associados a ele dois conjuntos de dados:

- A relação do indicador com o ambiente de avaliação, onde são associadas quatro informações básicas:
 - a. Objetivo
 - b. Justificativa
 - c. Ambiente
 - d. Padrão
- A estrutura de um indicador, onde são associadas três Componentes:
 - e. Elemento
 - f. Fator
 - g. Medida

a. Objetivo

O objetivo do indicador determina o quê será avaliado, direcionando a ação da avaliação da qualidade. Dessa forma, todo indicador está sempre associado a um objetivo geral de desenvolver a avaliação de qualidade de produtos, processos ou métodos de forma mensurável.

Definir objetivos específicos é, como em qualquer planejamento, a primeira providencia na avaliação da qualidade.

b. Justificativa

Da mesma forma que o objetivo, todo indicador tem como justificativa geral desenvolver a avaliação da qualidade. Além desta, devem ser associadas justificativas específicas que determinem de modo claro e objetivo o porquê utilizar esse indicador.

É aconselhável que cada indicador esteja associado a um número pequeno de justificativas que determinem a importância de se proceder à determinada avaliação.

c. Ambiente

Segundo Paladini (2002) os indicadores estão associados a três ambientes de produção que são:

- ambiente *in line*;
- ambiente *off line*;
- ambiente *on line*.

Essa estrutura não é física, mas apenas conceitual, onde cada ambiente enfatiza um dado momento do esforço pela qualidade. Os ambientes de produção são assim definidos:

Ambiente da Qualidade *In Line*

A qualidade *in line* enfatiza o processo produtivo em si (PALADINI, 2002). No ambiente de qualidade *in line* o produto é visto como resultado dos esforços de produção. O processo e o produto são igualmente relevantes, sendo o processo otimizado ao máximo. O produto mostra ao mercado o potencial e a capacidade da empresa que o gerou. Para isso esse ambiente possui seis características básicas:

- Ausência de defeitos – Deve-se em primeiro lugar eliminar os defeitos do processo produtivo.
- Capacidade de produção – Em seguida, deve-se definir a capacidade real de produção, visto que o processo não apresenta mais falhas.
- Estratégias de operação da empresa – Nessa etapa tomam-se decisões sobre como e o que deve ser produzido na empresa.
- Produtividade - Essas duas fases tratam da introdução de melhorias no processo produtivo, primeiramente definindo a melhor forma de utilizar os recursos da empresa, visando à otimização dos processos.
- Otimização de processos – O gerenciamento integrado dessas operações leva a otimização do processo, para que este possa ser executado sem desperdícios.

- Atendimento às especificações - Atinge, assim, o pleno atendimento às especificações dos projetos de produtos e serviços, uma fase que só pode ser obtida se o processo estiver nas mãos de quem o gerencia.

A qualidade *in line*, assim, busca exatamente a excelência das formas de produção (PALADINE, 2002).

Ambiente da Qualidade *off Line*

Esse ambiente enfatiza o conjunto de atividades que dão suporte ao processo produtivo, ou seja, a ação de pessoas, de setores de operação e de serviços que não atuam precisamente no processo produtivo, mas que oferecem um suporte essencial ao mesmo (PALADINE, 2002). Pode-se citar como exemplos o processo de planejamento, a manutenção e o recrutamento e seleção de pessoal.

Ambiente da Qualidade *on Line*

Esse ambiente enfatiza as relações entre a organização e o mercado (PALADINE, 2002).

A qualidade *on line* foca a relação entre a empresa e o mercado consumidor, verificando as aspirações e conveniências de consumidores e a necessidade de mudanças. A capacidade de constatar de forma rápida e precisa as alterações de preferências, hábitos e comportamentos dos clientes e consumidores determina a sobrevivência da empresa, gerando produtos sempre adequados aos anseios dos mesmos.

d. Padrão

Para proceder a uma avaliação de melhoria em qualquer área é necessário que existam referenciais para comparação entre o resultado obtido e a meta. O padrão de um indicador é o referencial utilizado para verificar se houve mudanças no processo, se essas mudanças atenderam de forma mais adequada a um objetivo e se podem ser consideradas como melhorias.

e. Elemento

Esse componente caracteriza o indicador, definindo as “condições de contorno”, ou seja, as fronteiras que definem sua validade, sua aplicação ou utilidade.

f. Fator

Esse trata da combinação de componentes em um mesmo contexto, relacionando duas ou mais variáveis em um mesmo elemento.

g. Medida

Esse componente trata das unidades de medida para cada caso, onde para um mesmo fator pode haver mais de uma unidade de medida que pode ser usada, devendo ser definida qual a unidade que melhor se encaixa no contexto.

Para demonstrar como essas informações e esses componentes se correlacionam serão apresentados as Figuras 2.23 e 2.24 com exemplos de indicadores.

Para melhor visualização vejamos o exemplo do indicador chamado indicador 1. Esse indicador tem como objetivo definir os níveis de perda no processo; a justificativa para sua utilização é a de avaliar a responsabilidade da gerência nas perdas observadas; o ambiente de produção que o caracteriza é o ambiente *In line*; seu padrão estipulado é zero; os elementos que o caracterizam são: desperdícios, erros e falhas; os fatores que relacionam duas variáveis são desperdícios, erros ou falhas por período e sua unidade de medida é unidades por hora.

Natureza dos Indicadores em relação aos ambientes de produção da qualidade segundo Paladini (2002)

Paladine (2002) considera que existem três tipos básicos de indicadores, em relação os ambientes de produção da qualidade, que são:

- Indicadores de desempenho;
- Indicadores de suporte;
- Indicadores de qualidade propriamente ditos.

Pode-se resumir esses três tipos de indicadores como mostra a Figura 2.25.

Indicador	Objetivo	Justificativa	Ambiente	Padrão
1	Definir níveis de perda no processo	Avaliar a responsabilidade da gerência nas perdas observadas	<i>In line</i>	Zero
2	Determinar a participação espontânea do pessoal em equipes de qualidade	Determinar níveis individuais de participação em atividades de equipes	<i>In line</i> <i>Off line</i>	No máximo 4% da mão-de-obra fora do trabalho em equipe
3	Avaliar o modelo de manutenção da empresa	Determinar o impacto de ações preventivas sobre o desempenho dos equipamentos	<i>Off line</i>	Zero quebras
4	Analisar a emissão de ordens que contrariam diretrizes anteriores	Avaliar a gestão operacional da empresa	<i>In line</i> <i>Off line</i>	Zero
5	Determinar níveis atuais de rotatividade nas linhas de produção	Comparar a rotatividade com as concorrentes	<i>In line</i> <i>On line</i>	Tempo médio de permanência de operadores na empresa superior a dois anos
6	Aceitação de produtos novos pelo mercado	Avaliar o desempenho do setor de projetos	<i>On line</i>	No mínimo 90%
7	Avaliar a participação no mercado	Determinar se está havendo evolução nessa participação	<i>On line</i>	Atingir uma média de 25% em um ano
8	Analisar níveis de defeitos detectados pelo mercado	Determinar o desempenho do setor de classificação do produto acabado	<i>In line</i> <i>On line</i>	Zero
9	Determinar os níveis atuais de segurança do patrimônio	Determinar pontos fracos em termos de segurança do patrimônio	<i>Off line</i>	Zero ocorrência
10	Determinar níveis de aceitação da propaganda veiculada	Avaliar o trabalho da área de publicidade	<i>On line</i>	100% de aceitação em pesquisas de mercado

Figura 2.23 – Exemplos de relação do indicador com o ambiente de avaliação

Adaptado de Paladini (2002)

Indicador	Elemento	fator	Medida
1	Desperdícios, erros, falhas	Desperdícios, erros ou falhas observados por período.	Unidades por hora
2	Motivação	Pessoas que participam de equipes por setor	Número de pessoas por setor
3	Manutenção	Quebras de equipamentos por período	Número de quebras por semana
4	Ordens contraditórias	Ordens contraditórias emitidas por período	Número de ordens por semana
5	Rotatividade	Tempo de permanência dos operadores por setor	Anos por setor
6	Percepção do mercado	Produtos novos cujas vendas atenderam aos padrões por período	Percentual por ano
7	Participação no mercado	Parcela do mercado por produto por período	Percentual por produto por semestre
8	Defeitos detectados pelo mercado	Defeitos detectados pelo mercado por período	Número de reclamações por mês
9	Segurança patrimonial	Agressões externas ao patrimônio da empresa por período	Prejuízo das ocorrências por mês
10	Cultura Organizacional	Propagandas aceitas por período por área de análise	Percentual por mês por área

Figura 2.24 – Exemplo de estrutura dos indicadores.

Adaptado de Paladini (2002)

	Indicadores de Desempenho	Indicadores de suporte	Indicadores da Qualidade
Referem-se ao	Processo Produtivo	Organização Inteira	Relações da Organização com o mercado
São conhecidos como Indicadores de	Produtividade	Ações de Apoio	Sobrevivência
Referem-se à Qualidade	<i>in line</i>	<i>off line</i>	<i>on line</i>

Figura 2.25 – Resumo sobre a natureza dos indicadores.

Para maior compreensão dos indicadores em relação aos ambientes de produção da qualidade as características básicas destes estão relacionadas na Figura 2.26 onde podem ser observadas as diferenças relacionadas aos três tipos básicos de indicadores.

Indicadores de Desempenho	Indicadores de Suporte	Indicadores da Qualidade
Enfatizam o processo produtivo.	Enfatizam o suporte ao processo produtivo.	Enfatizam as reações da empresa às mudanças do mercado.
Envolvem prioritariamente procedimentos de gestão tática e operacional do que estratégica.	Envolvem preferencialmente procedimentos de gestão tática e operacional, podendo adquirir características estratégicas ao determinar diferenciais competitivos.	Envolvem prioritariamente procedimentos de gestão estratégica, podendo incluir gestão tática e operacional.
Referem-se às características potenciais da empresa.	Referem-se à agilidade de oferecer suporte às novas ações requeridas.	Referem-se às oportunidades que a empresa identifica no mercado.
Evidenciam pontos fracos que a empresa precisa priorizar em suas ações de otimização.	Evidenciam deficiências na ação conjunta de operações e de agentes de produção ou no suporte destes.	Evidenciam ameaças externas à empresa, sobretudo em termos de concorrentes e visão estratégica de bens e serviços.
Avaliam o desempenho do processo.	Avaliam o desempenho das ações de suporte ao processo produtivo.	Avaliam o impacto
Sua meta básica é medir a eficiência da organização.	Sua meta básica é a capacidade de medir o suporte e o apoio aos modelos de eficiência e a eficácia.	Sua meta básica é a de medir a eficácia da organização.

Figura 2.26 – Características principais sobre os indicadores em relação aos ambientes de produção.

2.6.1.2. Segunda definição de Indicador de Qualidade e Produtividade.

Definição de sistemas de indicadores de desempenho: uma abordagem estruturada (NEELY et al., 1997 apud Costa, 2003).

Costa (2003) desenvolveu um estudo de caso em cinco empresas de construção civil que atuam na Região Metropolitana de Porto Alegre onde analisou o estágio de desenvolvimento dos sistemas de indicadores existentes nestas e propôs às empresas

alterações em seus sistemas de indicadores, de modo que esses indicadores fossem vinculados com suas estratégias e processos gerenciais.

Elemento da medida	Recomendação para a definição das medidas
Título	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ser simples de entender ▪ estar claramente definido ▪ representar exatamente o que está sendo medido
Finalidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ter relevância ▪ ter uma finalidade explícita
Relação com o objetivo do negócio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ser derivado da estratégia ▪ estar relacionado com metas específicas ▪ focar na melhoria
Meta	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ter finalidade explícita ▪ fazer parte do ciclo de revisão gerencial ▪ focar na melhoria ▪ fornecer informação relevante
Periodicidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ fornecer retroalimentação em tempo adequado e com confiabilidade ▪ ser reportado num formato simples e consistente ▪ fornecer informações
Equação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ser simples para entender ▪ refletir o processo a ser medido ▪ estar claramente definida ▪ adotar taxas ao invés de números absolutos ▪ representar exatamente o que está sendo medido
Responsável pela coleta	<ul style="list-style-type: none"> ▪ quando possível, usar dados que são automaticamente coletados como partes do processo
Fonte dos dados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ter equação e fonte de dados explícitos ▪ empregar taxas ao invés de números absolutos ▪ quando possível, usar dados que são automaticamente coletados como parte do processo a ser reportado, num formato simples e consistente ▪ representar exatamente o que está sendo medido
Responsável pela análise dos dados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ estar relacionado com metas específicas ▪ ter impacto visual ▪ fornecer informações relevantes
Diretrizes para análise	<ul style="list-style-type: none"> ▪ estar relacionado com metas específicas ▪ ter impacto visual ▪ fornecer informações relevantes

Figura 2.27 – Principais elementos da estrutura para definição das medidas de desempenho

Dentre as cinco empresas selecionadas apenas uma tinha poucos anos no mercado da construção civil e não tinha sistema de indicadores estruturado. As outras quatro tinham ou estavam em processo de obtenção de certificações de qualidade.

Segundo Costa (2003) a estrutura proposta por Neely et al. (1997) tem como objetivo estabelecer um conjunto de recomendações que estão relacionadas aos elementos e que definem as medidas de desempenho, de forma que estas sejam melhores definidas e que o processo de desenvolvimento dos sistemas de indicadores de desempenho seja simplificado.

Costa (2003) adaptou uma Figura a partir da concepção de Neely et al. (1997) onde formulou uma estrutura para desenvolvimento dos sistemas de indicadores, que consiste de uma planilha que contém elementos para a definição da estrutura do indicador e para cada um destes elementos, são relacionadas algumas recomendações para que sejam adequadamente definidos. A Figura 2.27 mostra esta adaptação feita de Neely et al. (1997).

2.6.1.3. Terceira definição de Indicador de Qualidade e Produtividade

Definição de sistemas de indicadores de desempenho do NORIE

O NORIE (2007) vem desenvolvendo, desde 1993, trabalhos de pesquisa com o objetivo de disseminar conceitos, princípios e práticas de medição de desempenho através do desenvolvimento de um Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil, denominado SISIND.

Para o NORIE (2007) a gestão da produção é um processo que objetiva o estabelecimento de um conjunto de ações que visam controlar a execução e propor melhorias no seu desempenho.

Desta forma os indicadores possibilitam organizar as informações de modo que possam ser utilizadas na tomada de decisões para o estabelecimento de melhorias.

Para que a medição se torne realmente parte integrante do sistema gerencial de uma empresa, algumas diretrizes podem ser consideradas nas etapas que compõem a coleta, processamento e avaliação (NORIE, 2007).

Para NORIE (2007) a coleta enfoca a geração dos dados necessários para a utilização dos indicadores. O planejamento desta coleta deve levar em conta o aproveitamento de dados já disponíveis na empresa, a elaboração ou adaptação de instrumentos de coleta (planilhas, listas de verificação), o registro adequado dos dados, a designação de um responsável por definir quem irá coletar os dados e verificar se a coleta está sendo feita, a designação de uma pessoa para coleta de dados de cada indicador ou

grupo de indicadores e o constantemente esclarecimento quanto aos objetivos da medição e dos benefícios que podem trazer ao trabalho das pessoas.

Já o processamento compreende as atividades de armazenamento, representação, comunicação e divulgação dos dados. É importante que a informação seja definida de forma a torná-la acessível e de fácil compreensão (NORIE, 2007).

Na avaliação devem-se discutir as possíveis causas dos resultados obtidos e os planos para a resolução de problemas e melhoria de desempenho. A avaliação deve privilegiar a análise sistêmica dos resultados entendendo as relações de causa e efeito entre as variáveis que influenciam o seu resultado (NORIE, 2007).

Para o NORIE (2007), considerando a situação específica a que for aplicado, o indicador deve atender aos seguintes requisitos:

- Seletividade: o indicador deve estar relacionado a fatores essenciais ou críticos do processo a ser avaliado, identificados a partir de uma perspectiva estratégica.
- Representatividade: o indicador deve ser escolhido ou formulado de forma que possa representar satisfatoriamente o processo ou produto a que se refere.
- Simplicidade: deve ser de fácil compreensão e aplicação principalmente para aquelas pessoas diretamente envolvidas com a coleta, processamento e avaliação dos dados.
- Baixo custo: deve ser gerado a custo baixo. O custo para coleta, processamento e avaliação não deve ser superior ao benefício trazido pela medida.
- Acessibilidade (transparência): os dados para cálculo do indicador devem ser de fácil acesso e estarem disponibilizados, preferencialmente, através de mecanismos visuais.
- Estabilidade: devem ser coletados com base em procedimentos rotinizados incorporados às atividades da empresa e que permitam sua comparação ou a análise de tendências ao longo do tempo.
- Abordagem experimental: é recomendável desenvolver, inicialmente, os indicadores considerados como necessários e testá-los.
- Comparação externa: alguns indicadores devem ser desenvolvidos para permitir a comparação do desempenho da empresa com o de outras empresas do setor ou empresas de outros setores, a fim de que possam ser utilizados como benchmarks e na avaliação da competitividade da empresa dentro do seu setor de atuação.

- Melhoria contínua: os indicadores devem ser periodicamente avaliados e, quando necessário, devem ser modificados ou ajustados para atender as mudanças no ambiente organizacional e não perderem seu propósito e validade.

2.7. Análise dos Indicadores Relevantes à Pesquisa

2.7.1. Primeiro Conjunto de Indicadores

O primeiro conjunto de indicadores analisados foi definido por Costa (2006) com o objetivo de melhorar os resultados da qualidade de fornecedores. Costa (2006), utilizou o método de acompanhamento dos resultados por meio de cinco indicadores de desempenho, que foram empregados para medir a performance de fornecedores de componentes para motores em uma indústria automobilística.

Estes indicadores serão mostrados a seguir com as explicações sobre suas aplicações e com os respectivos quadros formulados por Costa (2006) mostrando suas definições:

2.7.1.1. Indicador 1

Indicador Demif/1000 (Demérito Fornecedor a cada mil motores fabricados), em função da gravidade do incidente.

O indicador DEMIF/1000 (Demérito Fornecedor a cada mil motores fabricados) reflete as perturbações ocasionadas na empresa, fazendo uma relação de pontuação atribuída em função da gravidade do incidente, em razão da entrega de produtos que não correspondem às expectativas em matéria de qualidade. Este indicador deve fornecer o nível de qualidade real de cada um dos fornecedores acompanhados, como demonstra a Figura 2.28.

Indicador	Objetivo	Justificativa	Ambiente	Medida	Padrão
DEMIF/1000	Demonstrar o nível de gravidade dos incidentes do fornecedor	Determinar o nível de qualidade dos fornecedores	<i>Off line</i>	Deméritos a cada 1000 motores fabricados	 Quanto menor melhor

Figura 2.28 – Definição do Indicador DEMIF/1000

Fonte: Costa (2006)

Para que seja gerado um incidente DEMIF, três condições devem ser verdadeiras, que são:

- Existir produtos defeituosos na fábrica;
- Ser de responsabilidade do fornecedor ;
- O fabricante deve formular uma solicitação de ação corretiva ao fornecedor para as anomalias.

Esses incidentes são cotados em pontos segundo o maior ou menor risco para a qualidade e o nível de perturbação do fluxo, verificando se o mesmo chegou ou não a entrar na linha de produção.

Os pontos são cotados avaliando-se o risco de qualidade em três escalas:

- O risco de qualidade menor aplica-se, basicamente, se o produto puder ser utilizado no estado em que se encontra e caso trate de um defeito diverso no teste funcional.
- Já o risco de qualidade maior encaixa-se quando o produto não puder ser utilizado no estado em que se encontra, se estiver no estágio final de montagem ou se for um defeito grave no teste funcional.
- Por fim, o risco crítico trata de quando a não-qualidade atinge uma ou diversas características de segurança ou regulamentação, ou se provoca uma pane real no motor.

Para o cálculo do indicador Demif/1000 faz-se a razão da pontuação atribuída ao acidente em função da gravidade pelo volume de produção de motores multiplicando-se por mil para que o resultado seja a pontuação DEMIF a cada mil motores fabricados.

2.7.1.2. Indicador 2

Indicador de PPM Global (partes por milhão) para incidentes de fornecedores

Este indicador é utilizado como meio de análise do desempenho de um processo em termos da quantidade de componentes não-conformes entregues na fábrica, verificando se o fornecedor está melhorando ou não seu desempenho junto a seu cliente.

Para este indicador não é importante saber qual o grau de gravidade ou onde foi detectada a não-conformidade em seus produtos e sim a quantidade de materiais defeituosos entregues por um fornecedor. A Figura 2.29 mostra a definição do indicador.

Para o cálculo do indicador PPM faz-se a razão entre a quantidade de peças não-conformes entregues pelo volume de peças fornecidas multiplicando-se por mil para que o resultado seja dado em partes por milhão.

Indicador	Objetivo	Justificativa	Ambiente	Medida	Padrão
PPM	Demonstrar o nível de incidentes do fornecedor	Buscar a redução da quantidade de incidentes do fornecedor	<i>Off line</i>	Partes por milhão com defeito	↓ Quanto menor melhor

Figura 2.29 – Definição do indicador PPM

Fonte: Costa (2006)

2.7.1.3. Indicador 3

Indicador de aprovação de produção sem cartões (Bom Direto)

O indicador Bom Direto mede o percentual de motores que completaram o processo, sem sofrer qualquer tipo de reprocessamento durante a produção, ou seja, feito certo da primeira vez.

A definição do indicador é mostrada na Figura 2.30 e está associada ao nível de qualidade dos motores montados na fábrica.

Indicador	Objetivo	Justificativa	Ambiente	Medida	Padrão
Bom Direto	Definir o nível de qualidade interna da produção	Fazer certo da primeira vez	<i>In line</i>	Porcentagem	↑ Quanto maior melhor

Figura 2.30 – Definição do indicador Bom Direto.

Fonte: Costa (2006)

2.7.1.4. Indicador 4

Eficácia das ações dos fornecedores na resolução de incidentes

Este é o indicador que verifica se as ações, para erradicar os defeitos, adotadas pelo fornecedor realmente foram robustas a ponto de resolver os problemas em definitivo.

Foi considerado por Costa (2006) como uma das partes mais importantes do processo de gestão de fornecedores.

Indicador	Objetivo	Justificativa	Ambiente	Medida	Padrão
Eficácia das ações dos fornecedores	Demonstrar a robustez das ações dos fornecedores	Acompanhar o nível de reincidências das anomalias do fornecedor	<i>Off line</i>	Quantidade de problemas reincidentes	↓ Quanto menor melhor

Figura 2.31 – Definição do indicador de Eficácia das ações dos fornecedores.

Fonte: Costa (2006)

2.7.1.5. Indicador 5

Perturbação na Borda de Linha dos Fornecedores

A perturbação na borda de linha ocasionada pelos fornecedores trata de uma metodologia para acompanhamento exclusivo dos resultados de fornecimento dos materiais sobre a linha de montagem, indicando quantas peças não-conformes chegam ao operador de montagem do motor em pré-utilização ou pós-utilização, não contabilizando aquelas que são retiradas do circuito antes de chegarem aos operadores.

Para o cálculo da Perturbação na borda de linha faz-se a razão entre a quantidade de peças não-conformes pela quantidade de motores produzidos multiplicando-se por mil para que o resultado seja dado em partes por milhão de peças não-conformes na borda de linha.

Um dos objetivos deste indicador é minimizar o custo da não-qualidade ao longo do tempo, pois quanto maior o tempo para se detectar uma não-conformidade em uma peça entregue no processo produtivo, maior o custo associado ao reparo ou ao descarte desta.

Indicador	Objetivo	Justificativa	Ambiente	Medida	Padrão
Perturbação na Borda de Linha	Demonstrar a quantidade de anomalias encontradas na linha de montagem	Acompanhar o nível de perturbação da borda de linha pelo fornecedor	<i>Off line</i>	Partes por milhão com defeito	↓ Quanto menor melhor

Figura 2.32 – Definição do indicador de Perturbação da Borda de Linha.

Fonte: Costa (2006)

2.7.2. Segundo Conjunto de Indicadores

O segundo conjunto de indicadores foi definido por Costa (2003). As Figuras abaixo mostram alguns dos indicadores que já eram utilizados pelas empresas ou que foram propostos no estudo de Costa (2003) e que podem contribuir com a fase em estudo desta pesquisa. Apesar de alguns indicadores terem o mesmo nome, existe diferenças entre eles nas diferentes empresas abordadas.

As empresas serão designadas pelos números 1, 2, 3 e 4. Uma das empresas não apresentou nenhum indicador que pudesse ser relevante para esta pesquisa.

Em seguida será realizada uma análise crítica da utilização destes indicadores na fase de construção da superestrutura de concreto armado predial, que é o foco deste estudo.

2.7.2.1. Empresa 1

Da primeira empresa foram selecionados quatro indicadores, que estão mostradas nas Figuras 2.33, 2.34, 2.35, e 2.36.

Nome do indicador	ÍNDICE DE NÃO-CONFORMIDADES
Objetivo	Melhorar a qualidade do serviço a partir de listas de verificação de serviços críticos.
Processo em que está inserido	Produção
Como é coletado e processado	Foram criadas novas listas de verificação de serviços críticos. A verificação é realizada por medição e por execução de serviços. Os dados são coletados semanalmente e mensalmente.
Equação	$(\text{Somatório de número de não-conformidades} / \text{Somatório de número de verificações}) \times 100$
Periodicidade	Semanalmente
Responsáveis pela coleta	Mestres, estagiários ou gerentes de produção.
Como é analisado	Os dados são analisados na obra e apresentados nas reuniões da engenharia e nas reuniões plenárias.

Figura 2.33 – Índice de não-conformidades utilizado na empresa 1

Fonte: Costa (2003)

Nome do indicador	AVALIAÇÃO DO FORNECEDOR
Objetivo	Avaliar o desempenho dos fornecedores de materiais e sub empreiteiros.
Processo em que está inserido	compras
Como é coletado e processado	Esses dados são coletados pelo SIENGE no lançamento do documento fiscal e possui critérios de avaliação específicos para cada tipo de fornecedor.
Equação	Pelo SIENGE
Periodicidade	Mensal
Responsáveis pela coleta	Setor de compras
Como é analisado	A nota varia de 0-4 e a média mínima é 2. Quando o fornecedor obtém nota abaixo da mínima, o mesmo recebe treinamento. Caso o desempenho continue abaixo da mínima, este é desclassificado. Os resultados são analisados com todo o corpo técnico da empresa nas reuniões da engenharia semanais e também nas reuniões plenárias trimestrais.

Figura 2.34 – Indicador utilizado para a avaliação do fornecedor utilizado na empresa 1

Fonte: Costa (2003)

Nome do indicador	SOLICITAÇÃO FORA DO PRAZO
Objetivo	Avaliar a eficiência interna da empresa quanto à solicitação de recursos por parte da obra.
Meta	Menor que 10%
Processo em que está inserido	Compras
Vínculo com a estratégia	Manutenção e aprimoramento do PCP
Como é coletado e processado	É coletado mensalmente, sendo de responsabilidade do setor de compras. Os dados são coletados no SIENGE
Equação	$(\text{Número de materiais fornecidos fora do prazo} / \text{Número de materiais solicitados}) \times 100$
Periodicidade	Mensal
Responsáveis pela coleta	Setor de compras
Como é analisado	Os resultados são analisados com todo o corpo técnico da empresa nas reuniões da engenharia semanais e também nas reuniões plenária trimestrais.

Figura 2.35 – Indicador utilizado para a solicitação fora do prazo utilizado na empresa 1

Fonte: Costa (2003)

Nome do indicador	ENTREGA DE MATERIAIS
Objetivo	Avaliar a eficiência e a confiabilidade dos fornecedores e do departamento de compras com relação à entrega de materiais, na quantidade correta e no prazo solicitado pela empresa.
Meta	Menor que 10%
Processo em que está inserido	Compras
Vínculo com a estratégia	Manutenção e aprimoramento do PCP. Desenvolvimento de parceria de fornecedores.
Como é coletado e processado	É coletado mensalmente, sendo de responsabilidade do setor de compras. Os dados são coletados no SIENGE
Equação	(Somatório do número de lotes de materiais entregues irregularmente / Somatório do número de lotes de compras) X 100
Periodicidade	Mensal
Responsáveis pela coleta	Gerente da obra
Como é analisado	Os resultados são analisados com todo o corpo técnico da empresa nas reuniões da engenharia semanais e também nas reuniões plenária trimestrais.

Figura 2.36 – Indicador utilizado para a entrega de materiais utilizado na empresa 1

Fonte: Costa (2003)

2.7.2.2. Empresa 2

Da empresa dois foram selecionados 3 indicadores que estão apresentados nas Figuras 2.37, 2.38 e 2.39.

Nome do indicador	AVALIAÇÃO DO FORNECEDOR
Objetivo	Avaliar o desempenho dos fornecedores de materiais.
Processo em que está inserido	Fornecedores e Suprimentos
Como é coletado e processado	É realizada através de planilhas que avaliam os seguintes tópicos: qualidade do material, preço do material, pontualidade na entrega, serviço de entrega, cumprimento das condições, assistência técnica, prazo de entrega, forma de pagamento, atendimento pelo vendedor.
Periodicidade	Quadrimestralmente por empreiteiro e por fornecedor
Responsáveis pela coleta	Diretor de qualidade e relacionamento com o cliente e diretor de produção, meio ambiente, saúde e segurança.
Como é analisado	Os resultados são analisados m reuniões da qualidade. As informações são repassadas para os fornecedores.

Figura 2.37 – Índice de não-conformidades utilizado na empresa 2

Fonte: Costa (2003)

Nome do indicador	ÍNDICE DE RETRABALHO
Objetivo	Medir as perdas de produtividade e o desperdício de materiais na construção das obras.
Processo em que está inserido	Produção
Como é coletado e processado	Atualmente a empresa calcula conjuntamente o retrabalho de todos os empreendimentos em execução, ao invés de por empreendimento. O cálculo é realizado através do diário de obra em que é verificado o número de horas utilizado no retrabalho. Para qualquer etapa de trabalho dentro da obra, a liberação do serviço é realizada pelo empreiteiro através de um <i>check list</i> de possíveis retrabalhos.
Equação	$IR = (\text{Número de homens-hora de retrabalho} / \text{número total de horas}) \times 100$
Periodicidade	Mensal
Responsáveis pela coleta	Diretor de qualidade e relacionamento com o cliente e diretor de produção, meio ambiente, saúde e segurança.
Como é analisado	As informações são analisadas nas reuniões da qualidade.

Figura 2.38 – Índice de retrabalho utilizado na empresa 2

Fonte: Costa (2003)

Nome do indicador	NÚMERO DE INCOMPATIBILIDADE ENTRE PROJETOS POR MÊS
Objetivo	Verificar a incidência de incompatibilidades de projetos durante a execução da obra.
Processo em que está inserido	Produção
Como é coletado e processado	É considerada uma incompatibilidade quando ocorrem modificações no projeto por falha de coordenação entre projetos ou ocorre retrabalho. O indicador é coletado após início da obra. Mesmo as modificações ocorridas em planta são consideradas para o cálculo do indicador.
Equação	$Linc = \text{número de incompatibilidades}$
Periodicidade	mensal
Responsáveis pela coleta	Diretor de qualidade e relacionamento com o cliente
Como é analisado	Os resultados desses indicadores são analisados nas reuniões do comitê da qualidade.

Figura 2.39 – Número de incompatibilidade entre projetos por mês utilizado na empresa 2

Fonte: Costa (2003)

2.7.2.3. Empresa 3

Da terceira empresa selecionou-se somente o índice de não-conformidade que é mostrado na Figura 2.40.

Nome do indicador	INDICE DE NÃO-CONFORMIDADE
Objetivo	
Processo em que está inserido	Planejamento da produção
Vinculo com a estratégia	Controle e manutenção do sistema da qualidade
Periodicidade	Mensal
Responsáveis pela coleta	Engenheiro da obra

Figura 2.40 – Índice de não-conformidades utilizado na empresa 3

Fonte: Costa (2003)

2.7.2.4. Empresa 4

Da mesma forma na empresa quatro somente um indicador foi selecionado que está na Figura 2.41

Nome do indicador	AVALIAÇÃO DO FORNECEDOR (empreiteiro, material)
Objetivo	Avaliar o desempenho dos fornecedores de materiais e sub empreiteiros.
Processo em que está inserido	Suprimentos
Vinculo com a estratégia	Desenvolver parcerias estratégicas
Meta	Nota maior que 6
Como é coletado e processado	É coletado através da planilha de avaliação de fornecedores. Os engenheiros atribuem uma nota de 1 a 10 e a nota final do fornecedor é calculada pela média dos critérios. As avaliações de todos os fornecedores são encaminhadas para o setor de suprimentos, sendo armazenadas num banco de dados e arquivadas na pasta da obra.
Periodicidade	Final da obra
Responsáveis pela coleta	Gerente da obra
Como é analisado	Os dados são analisados nas reuniões semanais em que é realizada uma avaliação do desempenho do fornecedor. Se o fornecedor tem nota abaixo de 6, os dados são encaminhados para a reunião de análise crítica em que a diretoria pode decidir por descadastrá-lo .

Figura 2.41 – Índice de não-conformidades utilizado na empresa 4

Fonte: Costa (2003)

Para o presente estudo, que engloba as fases de recebimento de materiais e a verificação de não-conformidades nas etapas de execução da superestrutura de concreto armado, verifica-se a necessidade de padronizar um Quadro para a obtenção dos indicadores que possam auxiliar na detecção destas não-conformidades.

Para a verificação das não-conformidades na execução das peças de concreto armado o indicador mostrado na Figura 2.33 apenas engloba o número de verificações realizadas, enquanto que é importante para o estudo em questão que sejam verificadas 100% das peças como já foi explicitado.

Para a avaliação dos fornecedores, mostrada na Figura 2.34, na etapa construtiva em questão devem ser levados em conta alguns tipos de não-conformidades como será visto no capítulo 4. Essa verificação pode ficar mais bem organizada se houver um indicador que englobe todas.

De forma equivalente o setor de compras da empresa deve ter sua eficiência avaliada não somente por solicitações fora do prazo, como mostra a Figura 2.35, mas também por pedidos feitos de forma incorreta ou incompleta que levem o fornecedor a entregar materiais fora do prazo ou materiais incoerentes com as necessidades da obra.

Outro item importante é a entrega de materiais não-conformes, como exemplificado na Figura 2.36, onde para esta pesquisa mostra-se necessário que verificadas a eficiência e a confiabilidade dos materiais entregues não apenas pela quantidade e prazo, mas também pela conformidade e qualidade destes.

Na Figura 2.37 são mostrados muitos itens a serem avaliados, o que não cabe nesta etapa construtiva pelo fato de que algumas avaliações não são de competência da obra.

Já o índice de retrabalho é um indicador importante para a avaliação da mão-de-obra, relevante para esta etapa construtiva. Apesar disto, não será utilizada por estar a pesquisa interessada em obter a causa das não-conformidades ocorridas.

Desta forma é interessante obter-se um índice de não-conformidades nas etapas de execução das peças onde, posteriormente, possa-se verificar e eliminar suas causas, obtendo a melhoria incremental do processo de modo que sejam eliminados todos os retrabalhos. Assim ocorre também com as incompatibilidades entre projetos que devem ter suas causas eliminadas.

O índice de não-conformidade da empresa 3 mostrado na Figura 2.39 não mostrou o objetivo nem como deve ser calculado inviabilizando sua análise e demonstrando a necessidade que se obtenha um padrão para a formação dos indicadores que levem em conta elementos básicos para sua descrição e utilização por qualquer funcionário da empresa.

Outro ponto relevante à pesquisa é a pontuação atribuída a alguns indicadores que podem levar a estagnação da busca por melhorias no processo incluindo também a melhora da qualidade dos fornecedores.

Sendo assim a pesquisa de costa (2003) mostra-se útil para este estudo quanto ao modo de estruturação de alguns indicadores e a maneira de obtenção destes, servindo como auxílio para a obtenção dos indicadores que serão implementados na pesquisa.

2.7.3. Terceiro Conjunto de Indicadores

O terceiro conjunto de indicadores foi definido por Navarro (2005). Ele desenvolveu um estudo em uma empresa de construção civil que atua em Porto Alegre e que já possuía diversos programas internos de melhoria da qualidade.

INDICADOR		FÓRMULA DE CÁLCULO
DVMO	Controle Custo Médio	$\text{Custo Médio} = (\text{CUB MOD} + \text{CUB MID} + \text{CUB ME}) / \text{m}^2 \text{ área}$
	Parâmetros Operacionais	$\text{PO} = \text{R\$ MO} / \text{Área equiv.}$
	Controle de Horas	Fornecido automaticamente pelo sistema JCO
	Índice de Absenteísmo	$\text{IA} = \text{NF} / (\text{ND} \times \text{EM}) \times 100$
	Índice de Rotatividade	$\text{IR} = [(\text{A} + \text{D}) / 2] / \text{EM} \times 100$
	IBP – Índice de Boas Práticas em Canteiros de Obras	$(\text{Somatório dos pontos obtidos} / \text{Total de itens avaliados}) \times 10$
ENGENHARIA	Taxa de Frequência de Acidentes	$(\text{Número de acidentes ocorridos no mês com afastamento de um dia} / \text{número de horas trabalhadas por todos os funcionários da empresa no mês}) \times 100$
	PPC – Percentual de Planos Concluídos	$(\text{Número de pacotes de trabalho 100\% concluídos} / \text{Número de pacotes de trabalho planejados}) \times 100$
	IDP – índice Desvio de Prazo	$\text{IDP} = P_{\text{real}} / P_{\text{previsto}}$
	IDC – índice Desvio de Custo	$\text{IDC} = C_{\text{real}} / C_{\text{planejado}}$
	Produtividade Serviços	Conforme POP específico do serviço
	Parâmetros Serviços	Preenchimento planilha padrão 23 itens orçamento
COMPRAS	Volume Lixo Gerado	Preenchimento planilha padrão
	Avaliação de Fornecedores de Serviços	$\text{Somatório de um conjunto de itens com notas de 0 a 10} / \text{Total do conjunto de itens}$
	Avaliação de Fornecedores de Materiais	$\text{Somatório de um conjunto de itens com notas de 0 a 10} / \text{Total do conjunto de itens}$
	IAC – Índice de avaliação de compras	$\text{IAC} = \text{NE}_{\text{prazo}} / \text{NE}_{\text{previsto}}$
PROJETOS	Avaliação de Fornecedores de Projetos	$\text{Somatório de um conjunto de itens com notas de 0 a 10} / \text{Total do conjunto de itens}$
DAC	Índice de Manutenção	$\text{N}^\circ \text{ de solicitações de serviços} / \text{N}^\circ \text{ de unidades entregues}$
QUALIDADE	Número de não conformidades em auditorias	NNCAI = Número de não conformidades em auditorias internas
		NNCAE = Número de não conformidades em auditorias externas

Figura 2.42 – Indicadores para a gestão da produção

Fonte: Navarro (2005)

Foram analisados os indicadores já existentes na empresa, sendo modificados alguns e implantados outros indicadores.

A Figura 2.42 consta do anexo D do trabalho de Navarro (2005) e mostra quais os indicadores que ao final do estudo foram implantados para a gestão da produção desta empresa construtora.

A seguir são apresentados dois dos indicadores analisados no estudo de Navarro e que podem servir de auxílio para a elaboração de indicadores para a referida etapa construtiva do presente trabalho.

2.7.3.1. Indicador 1

Avaliação de fornecedores de materiais (NAVARRO, 2005)

OBJETIVO

Avaliar o desempenho dos fornecedores de materiais, auxiliando a empresa na tomada de decisão quanto à escolha desses fornecedores, bem como proporciona-los *feedback*.

INSERÇÃO NO PROCESSO

A lista de materiais a serem avaliados é definida pela “Cesta Básica” estabelecida pelo PBQP-H, apresentada no anexo “Lista de Materiais da Cesta Básica” da dissertação de Navarro (2005).

O indicador deve ser coletado pelo setor de suprimentos, gerência da obra e setor de assistência técnica através da Planilha de Avaliação de Fornecedor de Materiais.

O setor de suprimentos (compras) fica responsável pela avaliação do atendimento, preço e forma de pagamento.

A gerência da obra deve avaliar as questões referentes ao recebimento e uso do material no canteiro de obra.

O setor de assistência técnica fica responsável pela avaliação da assistência técnica.

EQUAÇÃO

$$AFM = \frac{AFM1 + AFM2 + AFM3 + AFM4 + AFM5}{\sum N^{\circ} AFM_{avaliados}}$$

A partir da avaliação do fornecedor é atribuído um valor para cada critério analisado, conforme demonstrado a seguir.

Nível de satisfação do usuário		Nota	Unidade de medida: nota de 0 a 10 <ul style="list-style-type: none"> ▪ AFM1: Preço e forma de pagamento; ▪ AFM2: Atendimento na compra; ▪ AFM3: Qualidade intrínseca do material; ▪ AFM4: Qualidade na entrega; ▪ AFM5: Assistência técnica.
FI	Fortemente insatisfeito	0,0	
I	Insatisfeito	2,5	
N	Nem satisfeito, nem insatisfeito	5,0	
S	Satisfeito	7,5	
FS	Fortemente satisfeito	10,0	

DIRETRIZES DE ANÁLISE

Os resultados devem ser analisados pela gerência da obra, gerente de compras e diretoria técnica. As informações devem ser repassadas aos fornecedores objetivando a melhoria de desempenho.

PERIODICIDADE

Unidade de Análise	Periodicidade de coleta	Periodicidade envio ao banco de dados	Periodicidade do valor de <i>benchmark</i>
Por fornecedor de material e por empresa	mensal	mensal	Envio semestral da média dos resultados das avaliações

2.7.3.2. Indicador 2

Avaliação de fornecedores de projetos (NAVARRO, 2005)

OBJETIVO

Avaliar o desempenho dos fornecedores de projetos, auxiliando a empresa na tomada de decisão quanto à escolha desses fornecedores, bem como proporcioná-los *feedback*.

INSERÇÃO NO PROCESSO

O indicador deve ser coletado através da Planilha de Avaliação de Fornecedores de Projetos pelo setor de projetos e pela gerência da obra. A partir da avaliação do fornecedor é atribuído um valor para cada critério analisado, conforme descrito a seguir. Os projetos a serem avaliados devem ser aqueles que a empresa julgar críticos. Segue abaixo uma lista de sugestões:

- Projeto Estrutural
- Projeto Arquitetônico

- Projeto Instalações Hidrossanitárias
- Projeto de Instalações Elétricas
- Projeto de Fundações
- Projeto de Modulação

EQUAÇÃO

$$AFP = \frac{AFP1 + AFP2 + AFP3 + AFP4 + AFP5}{\sum N^{\circ} AFP_{avaliados}}$$

A partir da avaliação do fornecedor é atribuído um valor para cada critério analisado, conforme mostrado a seguir.

Nível de satisfação do usuário		Nota	Unidade de medida: nota de 0 a 10 <ul style="list-style-type: none"> ▪ AFP1: Cumprimento do prazo de entrega; ▪ AFP2: Captação e atendimento aos requisitos do cliente; ▪ AFP3: Qualidade da solução adotada; ▪ AFP4: Qualidade do processo; ▪ AFP5: Apresentação do projeto.
FI	Fortemente insatisfeito	0,0	
I	Insatisfeito	2,5	
N	Nem satisfeito, nem insatisfeito	5,0	
S	Satisfeito	7,5	
FS	Fortemente satisfeito	10,0	

DIRETRIZES DE ANÁLISE

Os resultados devem ser analisados pelo setor de projetos, gerência da obra, diretoria técnica. As informações devem ser repassadas aos fornecedores objetivando a melhoria de desempenho.

PERIODICIDADE

Unidade de Análise	Periodicidade de coleta	Periodicidade envio ao banco de dados	Periodicidade do valor de <i>benchmark</i>
Por projeto e por empreendimento	Mensal ou por empreendimento	mensal	Envio semestral da média dos resultados das avaliações

Navarro (2005) elabora os indicadores definindo para cada um deles o objetivo, a inserção no processo, a equação com a qual o indicador deve ser calculado, as diretrizes para a análise e a periodicidade de coleta e envio para o banco de dados. Desta forma existe uma padronização na formulação dos indicadores facilitando a análise destes e a elaboração de novos indicadores.

3. Proposição Metodológica

3.1. Considerações Gerais

A partir da exposição sobre a qualidade da construção civil no Brasil, desenvolvida no Capítulo 2 foi realizada também uma revisão bibliográfica direcionada à obtenção de diretrizes que pudessem auxiliar na melhoria do processo construtivo predial.

Essa revisão bibliográfica abordou diversos conteúdos, conforme ilustrado na Figura 3.1, relacionados ao atendimento do objetivo central do trabalho, isto é, a proposta de um método estruturado que contribua para a melhoria da qualidade em obras de construção civil predial.



Figura 3.1 – Abordagens da revisão bibliográfica.

Neste contexto, conforme já descrito, foi realizada inicialmente uma pesquisa sobre a situação atual da qualidade da construção civil no Brasil. A partir desta, houve a verificação de quais medidas poderiam ser adotadas a fim de melhorar a qualidade nas obras de construção predial, especificamente as executadas em concreto armado moldadas *in loco*.

Foi apresentada uma contextualização dos processos, utilizados em uma das fases da construção civil predial, utilizando-se a revisão bibliográfica como fundamento teórico sobre a gestão de qualidade.

Verificou-se que para avaliar todo o processo construtivo predial seria necessário um prazo demasiadamente grande em função do tempo disponível para o estudo. Por isso a pesquisa restringiu-se ao estudo da fase de construção da superestrutura de concreto armado predial, ou seja, as vigas, pilares e lajes, moldadas *in loco*, assim como do ciclo de fornecimento de materiais e matérias-primas para o referido processo.

Desta premissa iniciou-se a revisão bibliográfica sobre o processo construtivo em questão, assim como os pontos onde deveria haver controle de qualidade. Ao se delimitar a pesquisa à verificação de não-conformidades nas etapas de construção das fôrmas, armaduras e concretagem das peças, foi direcionado o controle de qualidade a dois itens: a chegada dos principais materiais e a verificação das não-conformidades encontradas nestas etapas.

A Figura 3.2 mostra como foi formulada a seqüência das atividades para a verificação dos materiais e serviços executados associados aos dois itens supra citados.

Os materiais selecionados para serem inspecionados na chegada à obra foram as chapas de madeira compensada para a execução das fôrmas, o aço para montagem das armaduras e o concreto usinado para a concretagem das peças *in loco*.

As verificações pertinentes quanto as não-conformidades que podem ser encontradas nas etapas construtivas descritas foram relacionadas no item 2.2 juntamente com os critérios para avaliação do que constitui um item não-conforme para estas etapas.

Logo após essa fase de escolha do foco da pesquisa, a revisão bibliográfica foi direcionada ao estudo dos conceitos de qualidade aplicáveis, verificando-se quais os pontos relevantes ao controle de qualidade numa obra de construção civil.

Determinadas ferramentas da qualidade também foram estudadas a fim de que pudessem ser utilizadas em conjunto com os indicadores da qualidade definidos para a eliminação incremental das não-conformidades encontradas nas etapas da fase construtiva em estudo.

Esses processos construtivos e procedimentos de entrega de materiais foram analisados por meio de indicadores de qualidade que incluídos no ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Action*) estabeleceram formas de se analisar, identificar e avaliar quais ferramentas de controle de qualidade são eficazes para a eliminação gradativa das perdas na construção predial. Para isso o método do ciclo PDCA foi estudado verificando seus princípios e como este poderia ser implantado em empresas de construção civil predial.

Em seguida, foram verificados na literatura quais os indicadores de qualidade que utilizados na indústria da construção civil ou por outras indústrias, como a automobilística,

pudessem contribuir com a melhoria da qualidade por meio de sua aplicação ou adaptação ao processo construtivo. Seguindo-se de uma breve análise de como estes indicadores se comportariam na fase da obra em questão para o estudo.

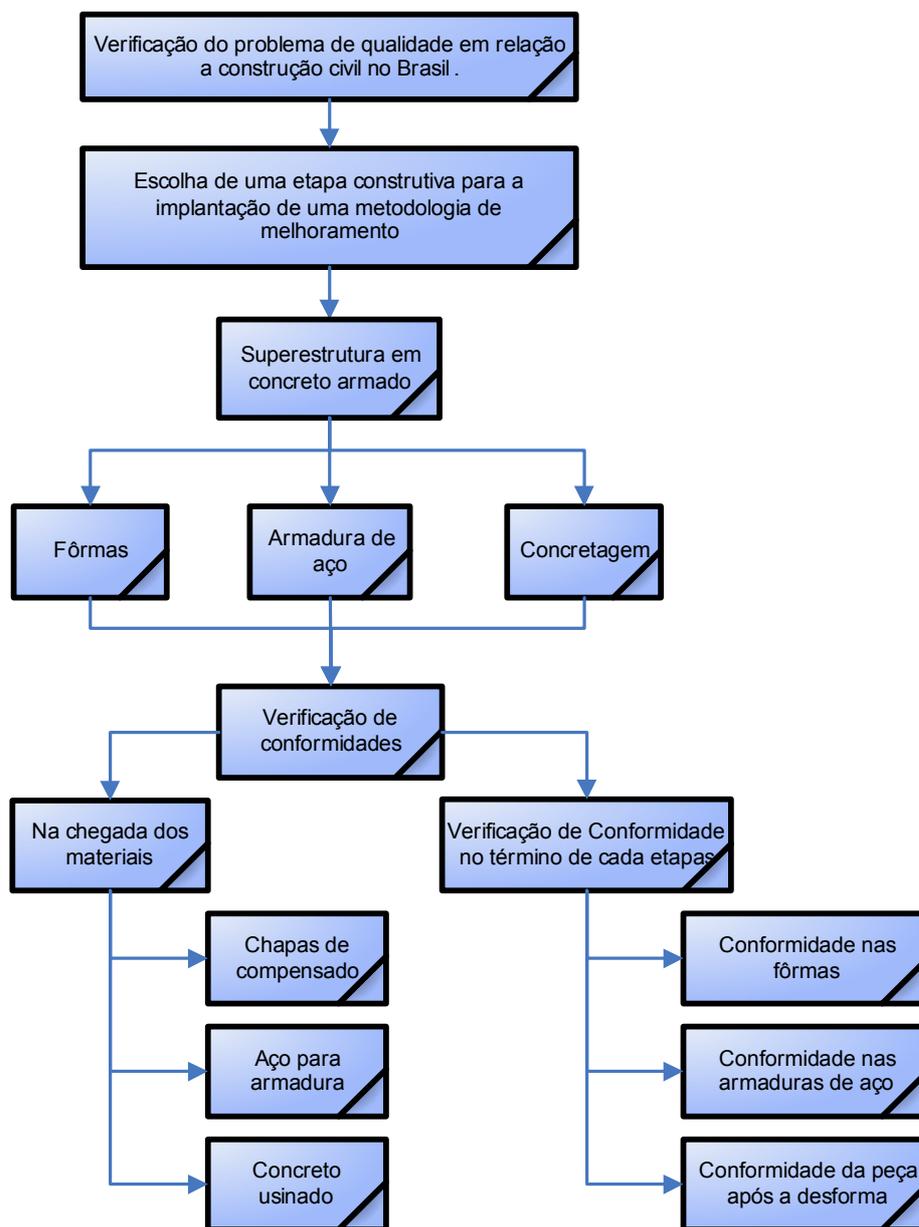


Figura 3.2 – Seqüência de escolha das fases para a pesquisa.

Com o desenvolvimento da revisão bibliográfica foi possível estabelecer uma proposta de utilização dos indicadores sugeridos em conjunto com determinadas ferramentas da qualidade. Desta forma, objetivou-se auxiliar o processo construtivo em

questão por meio de uma adaptação das ferramentas e indicadores ao uso em uma etapa construtiva da construção civil predial. Sua aplicação poderá contribuir para a verificação, controle de não-conformidades e eliminação incremental dos desperdícios no canteiro de obras favorecendo a melhoria incremental do processo.

3.2. Indicação da Utilização dos Indicadores Sugeridos no Estudo

Analisando-se as etapas do processo construtivo, verificou-se em quais pontos deveria haver um controle de qualidade em função dos resultados alcançados ou não-conformidades geradas.

Desta análise ficou estipulado que o controle de qualidade e produtividade teria início no estudo, no momento do recebimento dos materiais para a execução da superestrutura em concreto armado moldada *in loco*.

Para a formulação dos indicadores apresentados a metodologia de Paladini constituiu a base para o estudo sendo, entretanto, utilizada em conjunto com outras metodologias encontradas.

A Figura 3.3 mostra a seqüência de atividades desde a chegada do material na obra até a sua utilização com o prosseguimento do processo para a fase posterior.

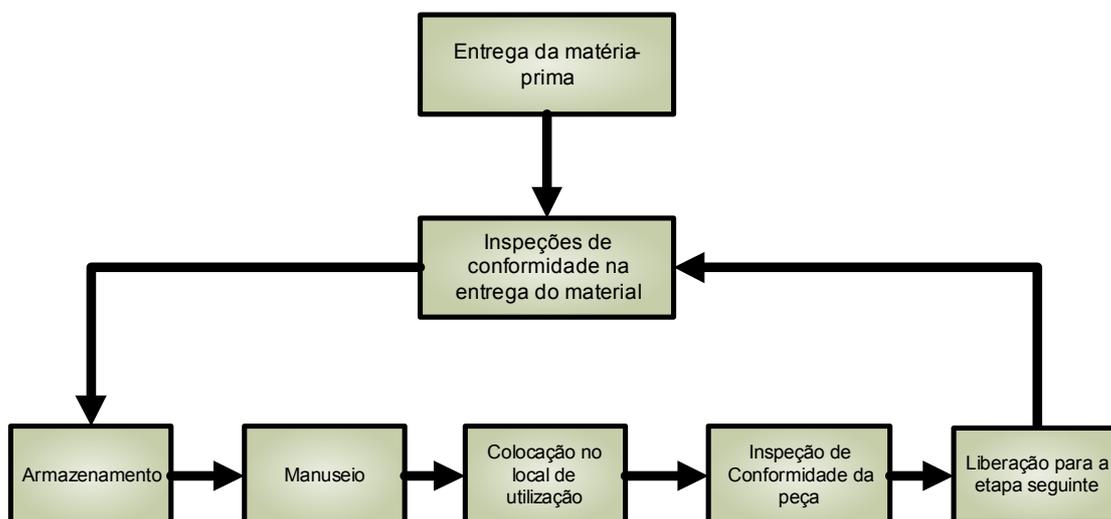


Figura 3.3 – Fluxograma de seqüência de atividades

Como mostra a Figura 3.3 em dois pontos serão realizadas as inspeções de não-conformidades: na entrega dos materiais na obra e na conclusão de cada fase.

As inspeções feitas quanto as não-conformidades encontradas na entrega dos materiais na obra foram:

- Verificação de conformidade do prazo de entrega.
- Verificação de conformidade das Notas Fiscais entregues.
- Verificação de conformidade dos materiais entregues segundo os critérios das normas técnicas vigentes e dos pedidos efetuados ao fornecedor.

A Figura 3.4 mostra quais os tipos de conformidades foram selecionados para comporem a avaliação da qualidade do material entregue na obra no momento do recebimento.

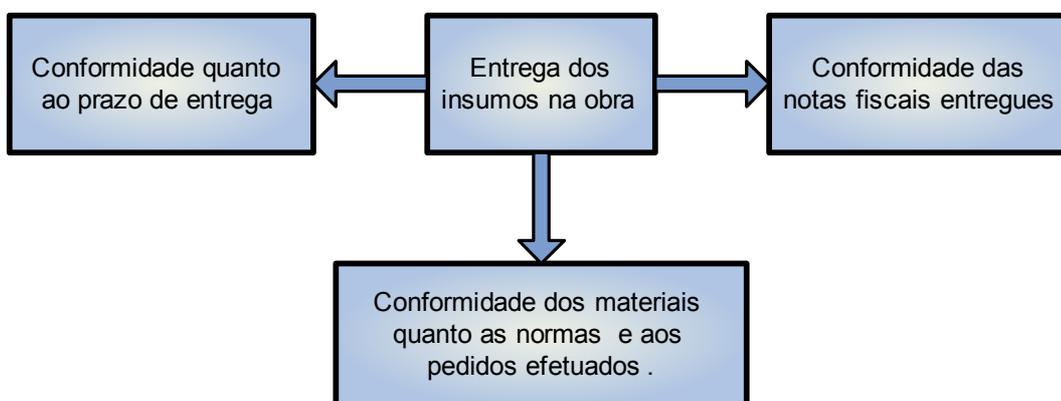


Figura 3.4 – Conformidades relacionadas à entrega dos materiais na obra.

O prazo de entrega dos materiais deve ser inspecionado, verificando se o prazo estipulado pela contratante para a entrega dos materiais foi respeitado.

A Nota Fiscal enviada pela empresa fornecedora dos materiais deve ser verificada a fim de que se possa avaliar se os itens solicitados a constarem estão discriminados corretamente, segundo as normas em vigor e estão sendo entregues conforme consta da referida nota.

O material entregue deve ser inspecionado e testado para verificar se a matéria-prima está conforme o solicitado pela empresa e conforme as normas técnicas vigentes.

Procedendo desta forma, quando ocorrer uma das três possíveis não-conformidades em análise na chegada dos materiais à obra, será realizada uma anotação no item correspondente na Folha de Verificação do indicador específico para esta situação.

As inspeções quanto as não-conformidades encontradas nas peças são realizadas na conclusão de cada fase. Essas inspeções são:

- Verificação de conformidade das fôrmas de compensado.
- Verificação de conformidade das armaduras de aço no local de utilização.
- Verificação de conformidade das peças de concreto armado desformadas.

Desta forma, determinou-se um grupo de indicadores que pudesse registrar as informações de não-conformidades, nas fases da etapa construtiva em questão, de modo a auxiliar no rastreamento e eliminação destas.

3.3. Formulação dos Indicadores da Qualidade Realizada no Estudo

A partir da definição dos pontos em que se deveriam associar os indicadores, partiu-se para a formulação destes.

Para a montagem dos indicadores utilizados foi revisada a literatura sobre os indicadores da qualidade, verificando a metodologia de montagem e utilização aplicada por estes. No Capítulo 4 foram feitas considerações sobre alguns dos indicadores encontrados no momento da revisão bibliográfica.

Foi utilizado um quadro montado, a partir dos estudos, e que tem aspectos do preenchimento dos itens de formulação de um indicador, mostrados na Figura 3.5.

ITEM	ASPECTOS A SEREM CONSIDERADOS
Nome do Indicador	O nome associado ao indicador deve ser simples de ser compreendido, representar o que se deseja e se possível estar associado a uma sigla simples de ser lembrada por ter associação com o nome.
Objetivo	Deve determinar exatamente o que é esperado na utilização do indicador. Deve indicar o que está sendo analisado e qual a finalidade, direcionando a ação da avaliação.
Justificativa	Além da justificativa implícita de desenvolver a avaliação da qualidade, o indicador deve ter associado a si um conjunto de justificativas específicas que determinem a importância ou motivo pelo qual deve-se utilizá-lo.
Ambiente	O indicador deve estar associado a uma estrutura conceitual, definindo o ambiente da produção em que está inserido e qual esforço pela qualidade está relacionado.
Meta	Deve proporcionar a comparação mensurável do resultado obtido. A meta associada a um indicador deve ser possível de ser alcançada.
Equação	Deve ser preferencialmente, simples na obtenção dos valores para o cálculo e também para ser calculada. Deve ser associada a taxas e não a números absolutos para que se possa obter comparações de forma clara.
Elemento	Deve definir de forma objetiva as fronteiras que definem a validade, aplicação ou utilidade.
Responsável pela coleta	Deve restringir os profissionais que podem realizar as avaliações pertinentes e a coleta de dados.
Responsável pela análise de dados	Deve definir os profissionais capacitados a analisar os dados fornecidos pelo indicador.
Fator	Deve combinar os componentes relacionados ao indicador, formando um elemento único.
Medida.	Deve indicar quais as unidades de medida podem ser utilizadas pelo indicador.

Figura 3.5 – Critérios para Formulação dos Indicadores

3.4. Avaliação dos Resultados

A avaliação dos índices gerados pelos indicadores deve ser realizada após o término do período de captação de seus valores. Essa avaliação conta com o auxílio das ferramentas da qualidade e do ciclo PDCA de melhorias.

4. Utilização dos Indicadores de Qualidade e Produtividade em Conjunto com a Aplicação das Ferramentas da Qualidade na Execução da Superestrutura de Concreto Armado Predial.

Os indicadores da qualidade podem ser utilizados na construção civil para medir os resultados de ações realizadas, buscando visualizar desvios que possam ocasionar problemas de não-qualidade e que devam ser verificados, analisados e solucionados.

Depois de ocorrida a decisão sobre quais itens devem ser avaliados primeiramente, efetua-se o processo de medição e faz-se a coleta e organização dos dados de forma que possam ser acompanhados e analisados ao longo de um período. Essa análise ocorre em função das metas estabelecidas pela empresa e dos dados históricos, o que permite determinar se o grau de desempenho do processo satisfaz as necessidades e as expectativas dos clientes e permite avaliar se o mesmo está sob controle ou se necessita de melhorias.

Esse período de tempo deve ser apropriado para cada caso, de modo que não seja longo demais, inviabilizando a intervenção para melhoria do processo ao serem utilizados dados ultrapassados e não seja um período demasiadamente curto, de forma que os dados não sejam significativos para análise. Desse modo, cada indicador terá um período próprio para sua avaliação.

Após serem feitas as verificações, com o auxílio dos indicadores da qualidade, de que um processo está fora de controle, as causas destes distúrbios devem ser identificadas com a ajuda das ferramentas da qualidade. Estas possuem recursos visuais, que facilitam o entendimento por parte de todos os envolvidos no processo dos números gerados pelos indicadores.

4.1. O Acompanhamento da Execução da Estrutura

Toda obra tem início na fase de elaboração e detalhamento do projeto. É nesta fase que são colocados no papel as idéias e expectativas dos idealizadores da obra. A seguir vem a etapa de detalhamento dos insumos para a obra, que é importante para o cumprimento do cronograma da forma como foi planejado. Se o pedido dos materiais for feito de forma incorreta ou incompleta, a obra pode receber materiais com especificações diferentes dos que devem ser utilizados.

Essa etapa, de solicitação dos materiais para os fornecedores, apenas poderá ser avaliada com os indicadores após o recebimento dos materiais. Isso ocorre pois, somente neste momento pode-se verificar se os insumos recebidos fora das especificações foram entregues desta forma devido a problemas com os fornecedores ou em decorrência de solicitações efetuadas de forma incorreta pela empresa.

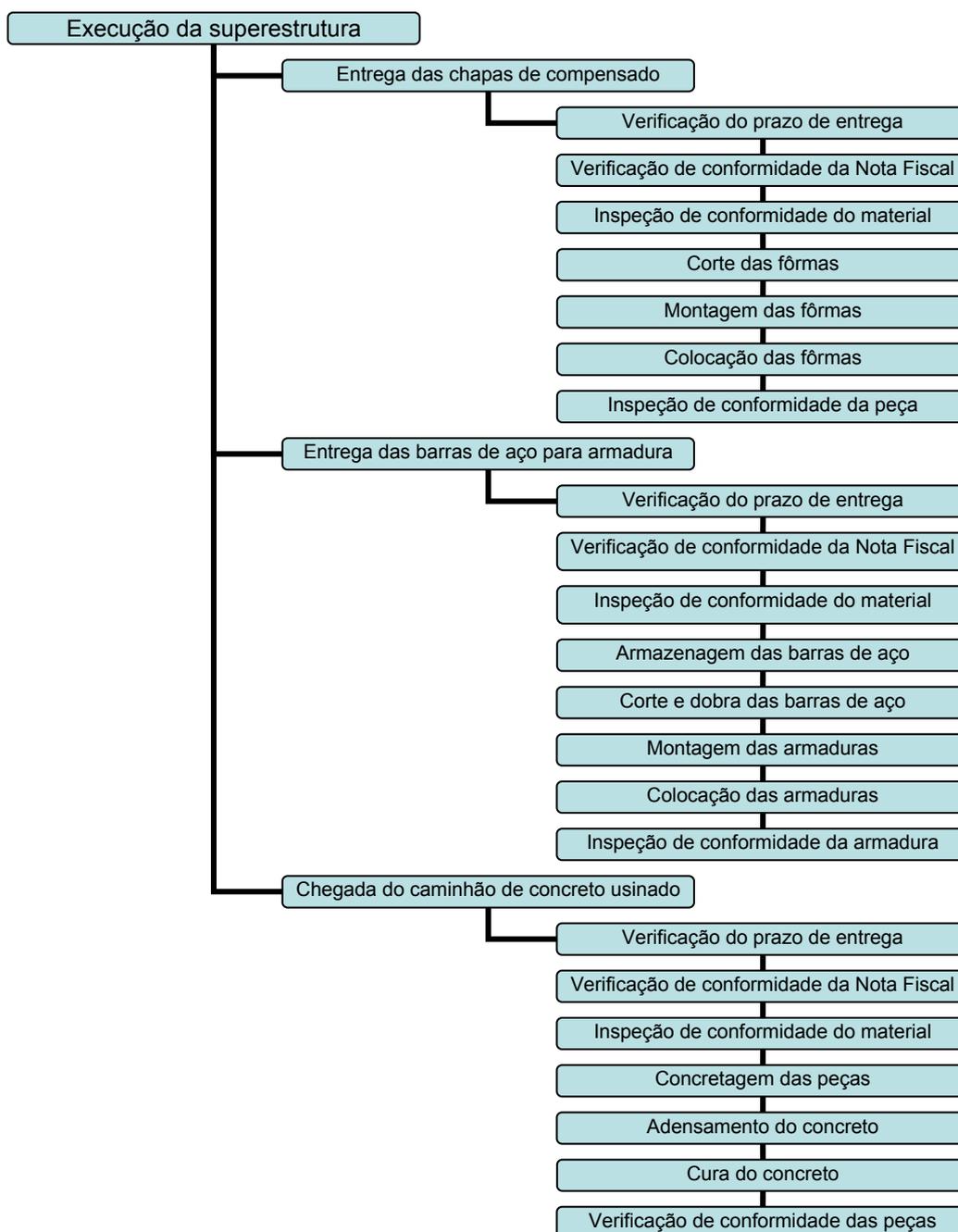


Figura 4.1 – Fluxograma da chegada de materiais e as inspeções consideradas

O controle de qualidade e produtividade só terá início, no presente estudo, no instante em que ocorrer o recebimento dos materiais para a execução da superestrutura em concreto armado de um edifício.

Neste momento será:

- Verificado se o prazo para a entrega foi respeitado;
- Verificado se a Nota Fiscal enviada está de acordo com o que foi solicitada pela obra;
- Realizada a inspeção de conformidade para a entrega dos insumos.

No caso das chapas de compensados e das barras de aço, após a realização das inspeções para o recebimento, estes materiais são armazenados e no devido tempo são realizados o corte, a montagem e a colocação no local de utilização onde, por fim, é realizada uma inspeção nos mesmos antes da concretagem.

Já o concreto usinado, após a realização das inspeções para o recebimento do material, é utilizado imediatamente após a entrega. Neste caso, são consideradas apenas as verificações das peças acabadas.

O Fluxograma da Figura 4.1 mostra como ocorre a seqüência de chegada de materiais na obra e quais são as inspeções que serão consideradas no presente estudo até o momento de sua utilização.

Num primeiro momento será realizado o controle de materiais e serviços para a execução de fôrmas, em seguida o mesmo procedimento será executado para o aço das armaduras e para o concreto usinado.

Em seguida serão realizadas as inspeções das peças de concreto armado já prontas.

4.1.1. Chapas de madeira compensadas para fôrmas

O processo de inspeção inicia-se quando ocorre a chegada dos materiais na obra para a execução das fôrmas onde, nesta pesquisa, será somente avaliado o recebimento das chapas de compensado.

O primeiro item a se verificar é se o prazo para a entrega dos materiais foi cumprido. Quando um fornecedor atrasa a entrega de um material ele pode estar comprometendo o cronograma de toda uma etapa da obra, desta forma torna-se imprescindível a confiabilidade na entrega dos insumos.

Quando houver atraso na entrega de materiais na obra, independente do motivo que tenha levado a sua ocorrência, esse incidente deve ser anotado em uma Folha de

Verificação específica para o indicador *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais).

O indicador *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais) serve para tornar mensuráveis tanto as ocorrências de atraso do material, quanto às ocorrências de Notas Fiscais incorretas e de materiais entregues na obra com alguma não-conformidade. Desta forma, este indicador deve ser analisado ao final de um período, sendo suas ocorrências avaliadas quanto ao tipo de problema ocorrido e implementadas em um indicador específico.

No caso do indicador *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais) a própria Folha de Verificação fornece a estratificação quanto ao tipo de não-conformidade ocorrida na chegada dos materiais, facilitando assim a análise dos incidentes deste fornecedor.

Para o caso de chapa de madeira compensada, o ideal é que se faça a avaliação dos indicadores por obra e um acompanhamento desse índice com todas as obras que receberam materiais deste mesmo fornecedor. Isto se deve ao fato que, em geral, esse tipo de insumo é fornecido poucas vezes durante o andamento da obra, podendo ser fornecido apenas uma vez.

Avaliando o fornecedor por fechamento de obra pode-se ter uma idéia de como foi o desempenho deste fornecedor na obra em questão. Depois avaliando o índice em conjunto com outras obras supridas pelo mesmo fornecedor dentro do mesmo período ou em um período equivalente, pode-se verificar o grau de confiabilidade deste e analisar sua permanência junto à empresa.

Sendo assim, quando houver uma quantidade suficiente de entregas realizadas, pode-se avaliar o desempenho do fornecedor gerando um Gráfico de Pareto para uma rápida visualização sobre os tipos de incidentes ocorridos na entrega de materiais do fornecedor de chapas de madeira compensada e com o Histograma para o acompanhamento deste incidente nas obras.

Cada indicador fornece uma meta para ser atingida, que pode ser o valor ideal onde, no caso do controle de recebimento de materiais, seria perfeito que estes indicadores tivessem como resultado zero ocorrências. Por vezes esse valor ideal está longe de ser obtido, então pode-se gerar o valor da meta com bases estatísticas, a partir de resultados anteriores e proceder às melhorias através do acompanhamento dos resultados pelos gráficos de controle.

No caso do indicador *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais), não é necessária a construção de um Diagrama de Causa e Efeito, visto que as ocorrências já foram anotadas estratificadas e suas causas serão verificadas depois da separação destas para os indicadores específicos.

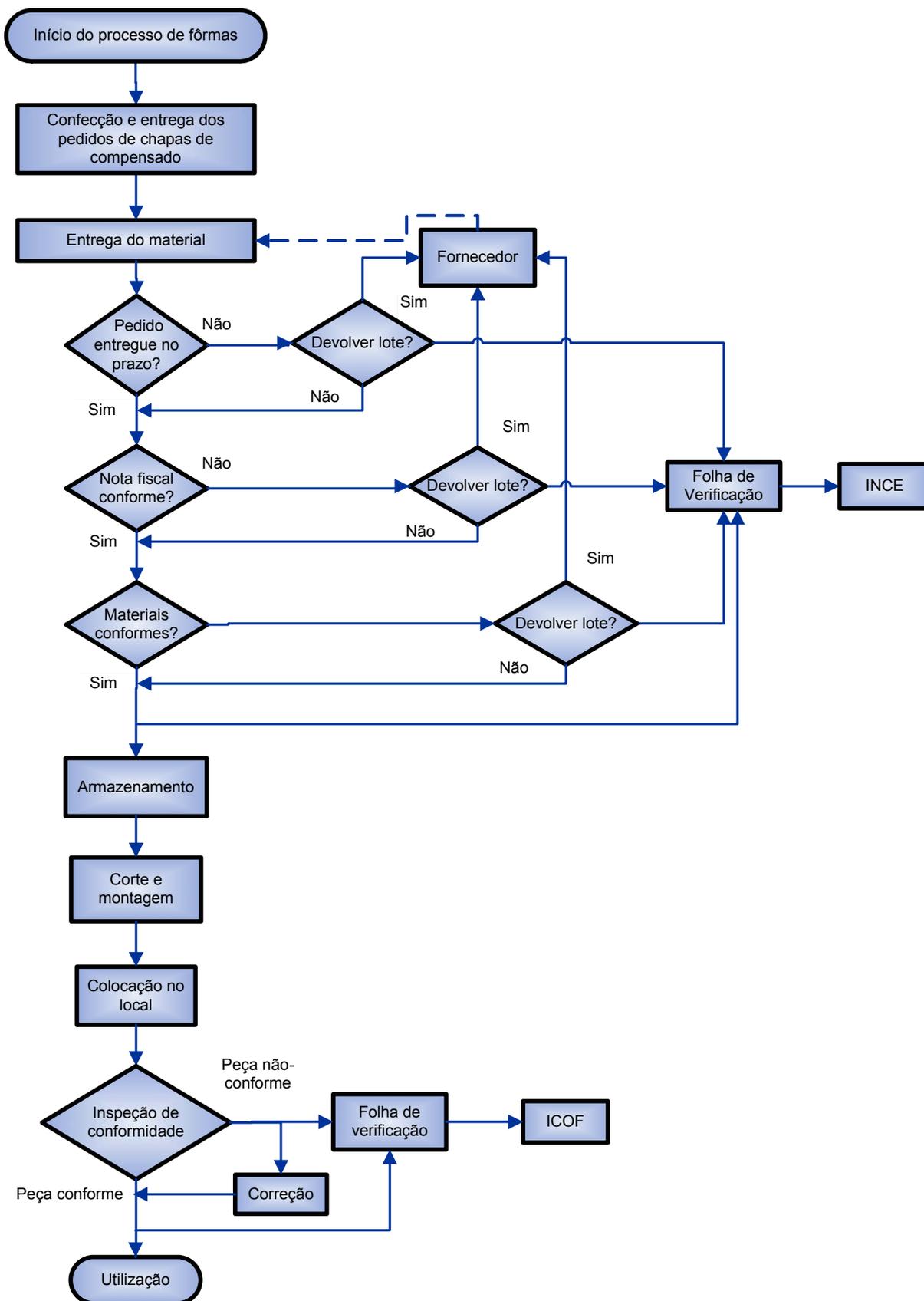


Figura 4.2 – Fluxograma de seqüência da chegada de chapas de compensado à obra com as verificações e indicadores utilizados.

A Figura 4.2 mostra o Fluxograma dos procedimentos desde a elaboração dos pedidos até a utilização do material, mostrando o momento da utilização dos indicadores.

A Figura 4.3 mostra a seqüência de prosseguimento de análise para o caso de ocorrência de atraso na chegada de material à obra e os indicadores específicos utilizados.

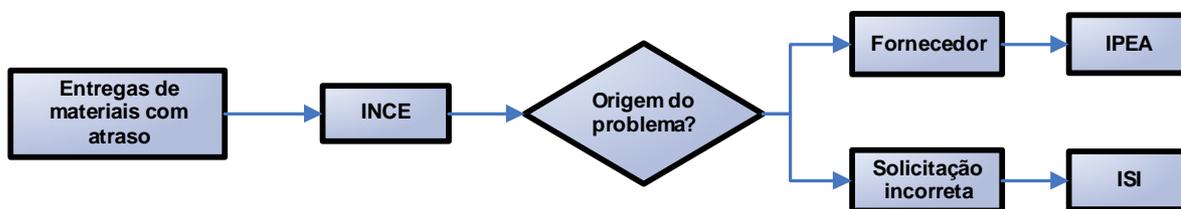


Figura 4.3 – Indicadores utilizados para entrega de materiais com atraso no fornecimento de chapas de compensado.

O primeiro passo para análise do indicador *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais) é a verificação das ocorrências de entregas de materiais na obra com atraso.

A princípio, podem-se vislumbrar dois motivos para que a entrega dos insumos seja feita fora do prazo, que são:

- A falta de comprometimento e organização do fornecedor.
- O pedido de materiais feito pela empresa que pode ter estipulado um prazo incorreto ou não ter estabelecido prazo.

Se o problema tiver ocorrido por conta do fornecedor de chapas de compensado, este será notificado sobre a ocorrência e as possíveis implicações caso o mesmo volte a se repetir. Para auxiliar na verificação do comprometimento dos fornecedores, quanto à entrega dos pedidos em dia, será utilizado o indicador *IPEA* (Índice de pedidos entregue com atraso).

Esses dados podem ser acompanhados através de um Histograma, contudo o rastreamento de suas causas não será discutido neste trabalho, por ser de responsabilidade do fornecedor de materiais. O que é relevante neste estudo é o acompanhamento sistemático da melhoria de qualidade do fornecimento de materiais.

No final da obra cada fornecedor será avaliado em relação a seu desempenho no *IPEA* (Índice de pedidos entregues com atraso), no *INOI* (Índice de Notas Fiscais incorretas) e quanto a seu desempenho no *IMANC* (Índice de matérias-primas não-conformes).

Caso a origem da entrega de materiais fora do prazo tenha ocorrido por falha do setor de compras da empresa, este incidente deve ser anotado na Folha de Verificação do indicador *ISI* (Índice de solicitações incorretas) e avaliado ao final de um período de um mês. Se ele estiver fora da meta deve ser analisado por meio de um Diagrama de Causa e

Efeito para que sejam verificadas todas as possíveis causas para esse desvio da meta e tentar solucionar os problemas encontrados, a fim de que não voltem mais a ocorrer.

O *ISI* (Índice de solicitações incorretas) é um indicador que tornará mensuráveis todas as solicitações incorretas feitas pelo setor de compras e que chegaram a ser realizadas, gerando assim problemas no momento das entregas de materiais à obra.

Em seguida procede-se, de forma semelhante à verificação do conteúdo da Nota Fiscal, anotando-se as irregularidades encontradas na Folha de Verificação do *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais) e posteriormente verificando qual o motivo destas.

Neste caso, as origens de não-conformidades podem ser as mesmas que no caso de atraso na entrega de materiais, sendo estratificadas e tratadas com os devidos indicadores, como mostra a Figura 4.4.

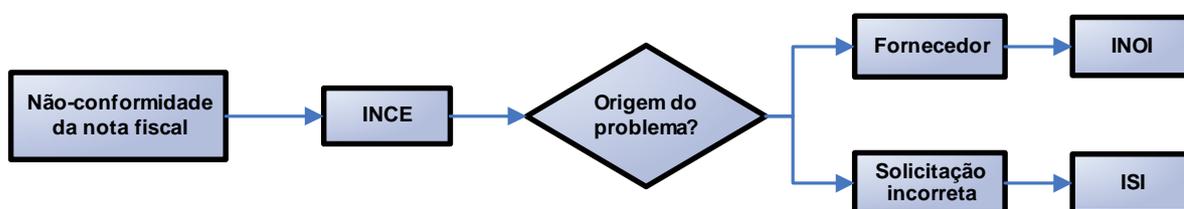


Figura 4.4 – Indicadores utilizados para ocorrência de não-conformidade na Nota Fiscal no fornecimento de chapas de compensado.

Caso o fornecedor tenha sido responsável por este incidente ele deverá ser tratado pelo *INOI* (Índice de Notas Fiscais incorretas). Caso o setor de compras da empresa tenha sido o responsável, o incidente deve ser analisado pelo *ISI* (Índice de solicitações incorretas).

Por fim, faz-se a verificação das especificações para o recebimento do material na obra, assim como outras inspeções relatadas no pedido de compras ou em norma. Essas inspeções devem ser realizadas a fim de garantir a qualidade e a conformidade deste material.

Deve-se verificar se o que foi solicitado é concordante com o material que está sendo entregue e se as chapas de madeira compensadas atendem as disposições da NBR 9532 procedendo ao seguinte questionamento:

- As chapas de madeira compensada para fôrmas de concreto apresentam defeitos sistemáticos, tais como desvios dimensionais além dos limites tolerados, desvios no esquadro ou defeitos na superfície, como os limites estabelecidos na Tabela 2.1?

- O número de lâminas está adequado à sua espessura, tomando-se apenas uma amostra de chapa?
- Apresentam descolamento das lâminas após imersão ou fervura em água, conforme descrito na Tabela 2.1?
- As dimensões estão dentro dos limites, como estipulado na Tabela 2.1?
- As bordas da amostra selecionada estão seladas, sem apresentar descolamento das lâminas?

As considerações para a aceitação ou reprovação do lote de chapas de madeira compensada foram feitas no item 2.2.1.

Caso, durante a inspeção de recebimento, seja verificado algum incidente de não-conformidade com as especificações técnicas ou quanto às normas vigentes, este deve ser registrado na Folha de Verificação do *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais) para que ao final do período de avaliação possam ser estratificados e analisados os dados utilizando o devido indicador, como mostra a Figura 4.5.

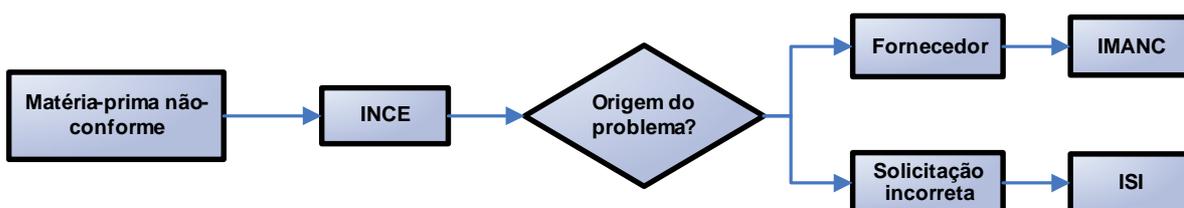


Figura 4.5 – Indicadores utilizados na inspeção de conformidade no fornecimento de chapas de compensado.

Após o período estipulado para a avaliação deste tipo de material os dados armazenados na Folha de Verificação do *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais), referentes às matérias-primas não-conformes, devem ser utilizados no indicador *IMANC* (Índice de matérias-primas não-conformes). Este indicador irá analisar se o fornecedor encontra-se dentro da meta estabelecida pelo controle estatístico de processos ou se serão necessárias intervenções para melhorias no processo de recebimento de materiais.

Ao ser recebido um lote de materiais com todos os itens conformes, este fato deve ser marcado na Folha de Verificação do *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais) como lote conforme.

Com os materiais entregues e conformes, prossegue-se com a execução das atividades, como a armazenagem, onde deve ser tomada uma série de cuidados para que

os materiais não sofram danos antes de serem utilizados e em seguida o corte e montagem das fôrmas.

Se, no momento da execução da fôrma for verificada uma não-conformidade no material, este incidente deve ser anotado na Folha de Verificação do *IMANC* (Índice de matérias-primas não-conformes).

Quando as fôrmas estiverem no local de utilização são feitas verificações, como:

- Verificar se as dimensões das peças estão corretas.
- Verificar se o desmoldante foi aplicado nas fôrmas, exceto no primeiro uso.
- Verificar o prumo e o nivelamento das peças.
- Verificar a perfeita imobilidade de todo o conjunto, assim como o espaçamento dos garfos definido em projeto.
- Verificar todos os encaixes das fôrmas para que não haja folgas.
- Verificar o posicionamento dos elementos de travamento, assim como seu ajuste.
- Verificar a locação dos pontos e eixos da obra.

Essas verificações devem ser feitas em todas as peças visto que, depois de concretada uma peça incorreta seu acerto fica muito mais dispendioso que a conferência destas.

Dá mesma forma que para o recebimento de materiais os resultados das inspeções das peças acabadas devem ser apresentados sob a forma de Folhas de Verificação e os valores obtidos devem ser utilizados no indicador *ICOF* (Índice de correção de fôrmas). Avaliando o resultado do indicador perante a sua meta, pode-se verificar se o processo está ou não sob controle.

Se o mesmo estiver sob controle os dados devem ser armazenados para futuras implementações nos gráficos de controle, a fim de gerar valores atualizados para a meta, melhorando cada vez mais o processo de controle.

Se o processo não estiver sob controle, os dados devem ser usados num Diagrama de Pareto para descobrir quais os problemas com maior incidência nas correções de fôrmas. Desta forma fica fácil observar qual o maior problema e tentar descobrir suas causas.

Para a obtenção das causas utiliza-se o Diagrama de Causa e Efeito, a fim de tentar listar todos os motivos, ou os mais significativos, que possam ter levado os operários a confeccionar peças com algum tipo de não-conformidades. Quando descobertas as causas, a solução, para que elas não voltem mais a ocorrer, se torna mais simples de ser encontrada.

Todas as peças inspecionadas devem ser assinaladas no item quantidade de fôrmas verificadas para facilitar o cálculo do indicador.

4.1.2. Barras de aço para armadura

Nesta etapa será realizada uma análise do processo de recebimento de barras de aço, para a construção das armaduras, assim como do corte e colocação destas em seu local de utilização. Esta análise é detalhada no Fluxograma da Figura 4.6.

Primeiramente, deve-se avaliar se o prazo estabelecido para a entrega dos materiais foi cumprido, verificando-se o comprometimento e a confiabilidade do fornecedor para a entrega dos pedidos.

Quando, por qualquer motivo, ocorrer atraso na entrega das barras de aço na obra, este incidente deve ser anotado na Folha de Verificação do *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais). A Figura 4.7 mostra a seqüência de prosseguimento de análise para o caso de ocorrência de atraso na chegada de material à obra e os indicadores específicos utilizados.

Da mesma forma que o material analisado no item anterior, a entrega de aço na obra é feita poucas vezes ou apenas uma vez durante execução da mesma. Muitas vezes é necessário que os indicadores sejam avaliados junto com os dados de outros empreendimentos da mesma empresa, que tenham sido supridos pelo mesmo fornecedor, gerando valores mais confiáveis para os índices.

Assim como no item anterior, serão analisadas duas hipóteses para que a entrega dos materiais seja feita fora do prazo estabelecido, que são:

- A falta de comprometimento e organização do fornecedor.
- O pedido de materiais feito pela empresa que possa ter estipulado um prazo incorreto ou não ter estabelecido prazo.

Na ocorrência de um pedido ser entregue fora do prazo por problemas do fornecedor, deve-se anotar esse fato na Folha de Verificação do *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais). No momento da análise do indicador *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais), essa ocorrência será anotada na Folha de Verificação própria do *IPEA* (Índice de pedidos entregue com atraso). Esse indicador irá mensurar essas ocorrências para verificar se o fornecedor está tendo o desempenho satisfatório, dentro da meta estabelecida, quanto ao cumprimento de seus compromissos.

O Gráfico de Pareto pode auxiliar na decisão sobre quais itens de não-conformidades indicados na Folha de Verificação do *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais) devem ter suas causas rastreadas primeiramente.

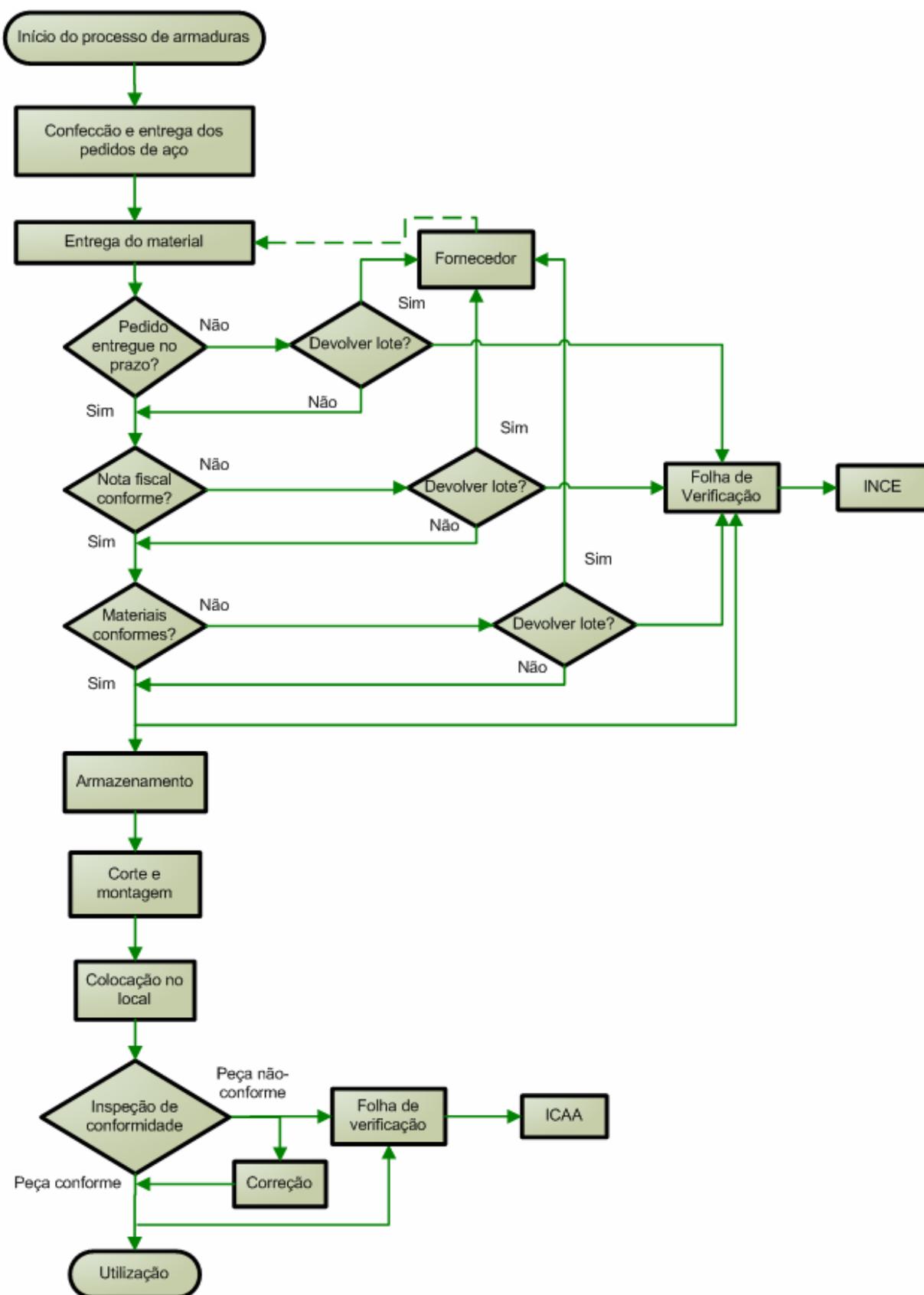


Figura 4.6 – Fluxograma de seqüência de verificações na chegada de aço à obra e dos indicadores utilizados.

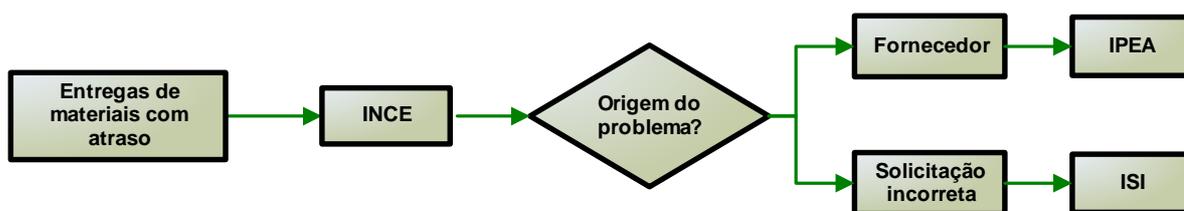


Figura 4.7 – Indicadores utilizados para entrega de materiais com atraso no fornecimento de aço.

Caso fique constatado que o que gerou este incidente foi à solicitação incorreta por parte da própria empresa, esta informação deve ser registrada em Folha de Verificação própria para o *ISI* (Índice de solicitações incorretas), gerando ao final de um período um valor para este indicador. Se o valor gerado for superior à meta estabelecida pelo indicador, suas causas devem ser encontradas e solucionadas para que o processo volte a ficar sob controle. Uma maneira de encontrar as causas que levaram a ocorrência de problemas de não-conformidades é por meio de um Diagrama de Causa e Efeito, que detalha na forma de um diagrama espinha de peixe quais as possíveis causas para a origem desse desvio, auxiliando no combate as mesmas.

O item seguinte é a verificação da conformidade da Nota Fiscal, fazendo as anotações de irregularidades na Folha de Verificação do *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais).

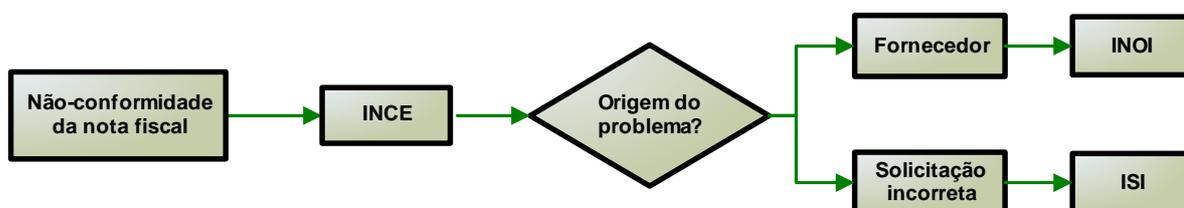


Figura 4.8 – Indicadores utilizados para Notas Fiscais incorretas no fornecimento de aço.

Se o fornecedor do material tiver sido o responsável pela ocorrência deste incidente será adicionada uma marca na Folha de Verificação do *INOI* (Índice de Notas Fiscais incorretas) para que este indicador seja avaliado ao final de um período. Se, entretanto, a responsabilidade por este problema for do setor de compras da empresa solicitante, o mesmo deverá ser anotado em uma Folha de Verificação própria para o indicador *ISI* (Índice de solicitações incorretas). Essa seqüência de decisões está indicada na Figura 4.8.

Em seguida devem-se proceder as devidas inspeções para a aceitação do material na obra. Desta forma pode-se verificar se o que está sendo entregue é exatamente o que foi

solicitado. O primeiro item que deve ser verificado é se o laboratório de ensaio do aço realizou as devidas inspeções e se estão todas de acordo com as normas em vigor.

Se tudo estiver correto com o laboratório deve-se proceder à avaliação dos itens de verificação na obra, conforme especificado no Capítulo 2. Neste item encontram-se também as considerações para a reprovação do lote.

Após o final do período de avaliação, os dados constantes são estratificados e analisados utilizando os devidos indicadores, como mostra a Figura 4.9.

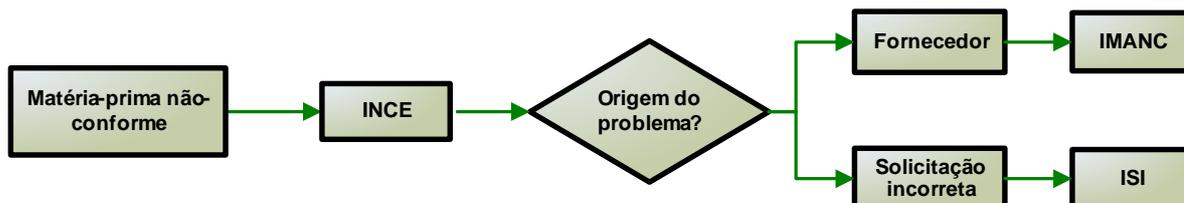


Figura 4.9 – Indicadores utilizados para entrega de materiais não-conformes no fornecimento de aço.

Se o lote for aceito, o prosseguimento da obra continua como planejado. Se o lote for rejeitado, deve-se proceder a uma negociação com o fornecedor, visando fazer com que a correção do material não comprometa demasiadamente o cronograma da obra. Deve-se registrar o incidente em Folha de Verificação própria para que estes dados armazenados sejam utilizados ao final de um período no *IMANC* (Índice de matérias-primas não-conformes), onde o valor fornecido pelo indicador será analisado. Se o processo estiver sob controle, os dados serão apenas armazenados, a fim de serem utilizados futuramente na atualização dos valores dos gráficos de controle.

De forma equivalente ao material analisado anteriormente, se todas as condições de aceitação do lote forem cumpridas, este fato deve ser marcado na Folha de Verificação *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais) como lote conforme.

Com a aceitação da matéria-prima na obra ocorre em geral o armazenamento que, neste caso, deve ser feito de forma a não danificar os materiais.

Para evitar desperdício de matéria-prima deve-se proceder ao corte e dobramento de acordo com um plano de corte previamente concebido. Esse plano de corte visa o maior aproveitamento de todas as barras de aço de forma simples e bem explicada, de modo que não haja dúvidas para os operários.

Em seguida, são montadas as armaduras e colocadas no local de utilização, procedendo às últimas montagens e ajustes. Quando as armaduras estiverem posicionadas devem ser realizadas as inspeções, verificando os seguintes itens:

- Verificar se o posicionamento das armaduras está de acordo com o projeto, verificando se não houve inversão no posicionamento das armaduras dentro das peças e se não houve troca das armaduras de uma peça com outra.
- Verificar se não houve troca de bitola ou tipo de aço.
- Verificar se o dobramento das barras atende às determinações regulamentares.
- Observar a possível ocorrência de “congestionamento de ferragem” que provoque dificuldade de acesso do vibrador.
- Avaliar se a amarração da malha é suficiente para impedir deslocamentos durante a concretagem.
- Também devem ser observados o posicionamento e a amarração da armadura negativa e dos “caranguejos”.
- Confere-se também se a quantidade de espaçadores colocados na armadura é suficiente para que toda a superfície fique coberta.
- Deve-se verificar se a amarração está firme em todas as faces, de modo a evitar deslocamentos no momento da concretagem das peças.
- Verificar o ponteamto dos nós.
- Ao final da montagem das armaduras deve-se verificar se os seguintes requisitos estão satisfatórios: comprimento de ancoragem, ancoragem nos apoios, cobrimento e armadura de suspensão no apoio entre vigas.
- Deve-se observar se foram colocados os protetores plásticos nas pontas dos arranques de pilares.

Essas verificações devem ser feitas em todas as peças, pois se uma peça de concreto armado for concretada com a armadura fora das especificações, pode comprometer toda a estrutura, levando-a muitas vezes à ruína.

No momento da execução das armações pode ocorrer a falta de ferragens, a utilização de ferros trocados, sua colocação no local indevido ou ainda, o seu excesso. Em qualquer dos casos se a não-conformidade não for solucionada antes da concretagem, só será percebida quando a estrutura começar a apresentar de problemas: o que muitas vezes só irá ocorrer após a colocação da sobrecarga. A solução destes defeitos torna-se então extremamente trabalhosa e dispendiosa.

Por essas razões assume-se que, mesmo indo contra os conceitos de Deming neste caso, a inspeção 100% deve ser realizada, visando a não ocorrência de custos mais elevados futuramente.

A ocorrência de não-conformidades nas armaduras de aço, no momento da inspeção, deve ser anotada na Folha de Verificação própria para o *ICAA* (Índice de correção das armaduras de aço) e seus dados utilizados no final do período no *ICAA* (Índice de

correção das armaduras de aço). Se este indicador estiver dentro do valor estipulado para a meta, seus dados devem ser armazenados para futuras implementações nos gráficos de controle.

Caso o resultado do indicador *ICAA* (Índice de correção das armaduras de aço) esteja fora do padrão estipulado como meta, os resultados devem ser analisados para que possam ser descobertas quais as causas deste desvio. Essa avaliação deve ser feita primeiramente elaborando um Gráfico de Pareto, para a melhor visualização dos tipos de defeitos encontrados nas armaduras prontas e em seguida deve-se verificar quais destes devem ser acompanhados com o auxílio de outras ferramentas da qualidade.

Depois de determinados quais são os defeitos mais relevantes a serem verificados e solucionados, para diminuir a quantidade de itens defeituosos, deve ser realizado um Diagrama de Causa e Efeito, com o propósito de detalhar todas as possíveis causas de geração das não-conformidades.

As armações de aço que não apresentam defeitos devem constar na Folha de Verificação, sendo assinaladas como armaduras conformes, para auxiliar no cálculo do indicador.

4.1.3. Concretagem das peças

Como última etapa do processo de construção de uma peça de concreto armado tem-se a concretagem e a cura das peças. Será então verificada, neste estudo, a fase de recebimento do material na obra, assim como as peças do concreto armado acabadas, como mostra a Figura 4.10.

De forma equivalente às etapas anteriores da obra deve-se, primeiramente, avaliar se a entrega dos caminhões está sendo feita dentro do prazo acordado entre o fornecedor e a obra. No caso específico do concreto usinado o prazo é, em geral, estabelecido em minutos entre um caminhão e outro: a fim de não deixar um caminhão de concreto esperando muito tempo e por outro lado, não deixar que a concretagem pare por falta de matéria-prima.

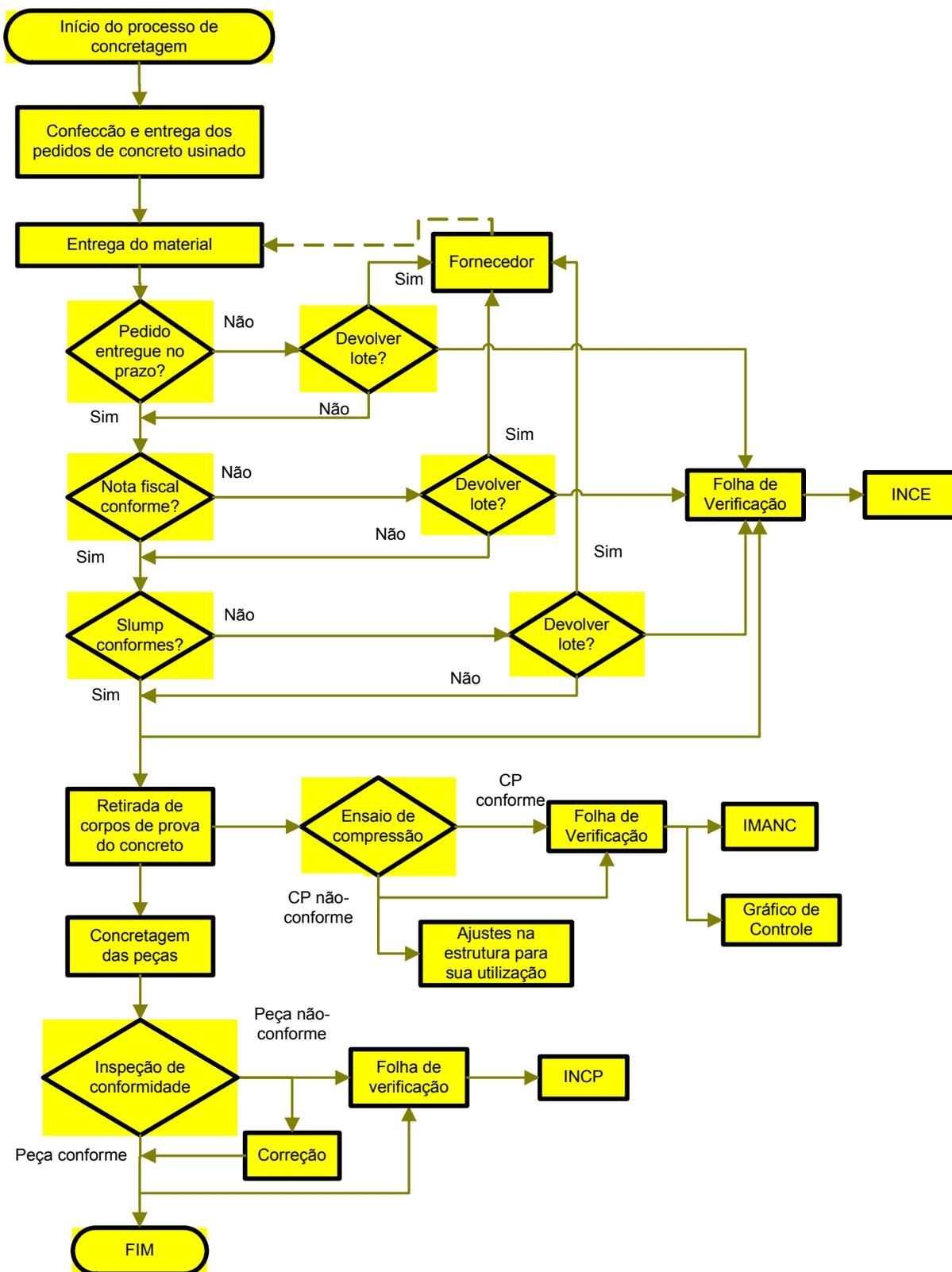


Figura 4.10 – Fluxograma de seqüência da chegada de concreto usinado à obra com as verificações e indicadores utilizados.

A etapa de concretagem das peças é usualmente bem planejada quanto à chegada da matéria-prima para que, conforme os caminhões cheguem à obra, seja logo utilizada, necessitando assim aguardar o menor tempo possível, para não prejudicar a trabalhabilidade do concreto. Para que isso ocorra a concreteira se compromete a enviar os caminhões em horários estabelecidos conforme o cronograma de trabalho da obra.

O atraso ou o envio muito antecipado de um caminhão será tratado como um pedido entregue fora do prazo e conforme aconteceu com os itens anteriores, isto pode ocorrer devido a problemas com o fabricante ou pela obra não ter enviado os horários corretos para chegada do material. Sendo assim, quando ocorrer atraso na entrega de materiais na obra, independente do motivo, esse incidente deve ser anotado em uma Folha de Verificação específica para o indicador *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais).

Como o indicador *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais) já fornece na própria Folha de Verificação a estratificação quanto ao tipo de não-conformidade ocorrida, a análise dos incidentes deste fornecedor pode ser feita primeiramente por um Diagrama de Pareto, mostrando quais os maiores problemas ocorridos.

Recomenda-se que a análise dos resultados do fornecedor, para o recebimento de concreto usinado, seja feita após o término da concretagem de cada pavimento. Desta forma, pode-se avaliar o fornecedor e proceder a mudanças que sejam necessárias quanto ao fornecimento da matéria-prima.

Se o incidente ocorrer por problemas da concreteira, este fato deve ser anotado na Folha de Verificação específica para este tipo de ocorrência. No fim do período estipulado para sua análise, o fornecedor deve ser avaliado segundo a confiabilidade da entrega de matéria-prima através do *IPEA* (Índice de pedidos entregue com atraso) e também do *IMANC* (Índice de matérias-primas não-conformes).

Se a causa da não-conformidade tiver sua origem no setor de compras da empresa, este incidente deve ser anotado na Folha de Verificação do indicador *ISI* (Índice de solicitações incorretas) que é avaliado ao final de um período de um mês.

Estas avaliações são apresentadas na Figura 4.11.



Figura 4.11 – Indicadores utilizados para entrega de materiais com atraso para o fornecimento de concreto.

Assim como foi realizada para a verificação quanto ao atraso na entrega de materiais na obra, deve-se verificar o preenchimento da Nota Fiscal, anotando-se irregularidades na Folha de Verificação do *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais) para que, em seguida, seja verificado qual o motivo destas não-conformidades. Para isso devem ser averiguadas se todas as informações necessárias para o recebimento do material constam da Nota Fiscal. Essas informações são:

- Qual a resistência característica à compressão aos 28 dias ou outras idades consideradas críticas no projeto;
- Qual o módulo de elasticidade;
- Qual a consistência expressa pelo abatimento do tronco de cone;
- Qual a dimensão máxima característica do agregado graúdo
- Qual foi o tipo de cimento utilizado e seu consumo mínimo;
- Qual o fator de água/cimento máximo;
- Se existe a presença de aditivos no concreto e quais são;
- Qual o traço do concreto fornecido;
- Qual o horário de saída do caminhão da usina, registrado pelo relógio de ponto;
- Qual o número do lacre da betoneira: sendo o caminhão rejeitado imediatamente se houver discordância entre os números do lacre no caminhão e o que consta na Nota Fiscal, ou se não houver lacre no caminhão;
- Qual a quantidade máxima de água permitida a ser adicionada ao concreto, caso ele não esteja com o slump adequado.

Se esses ou outros itens relevantes ao controle de qualidade do material na obra, que foram solicitados a constar da Nota Fiscal não estiverem especificados nesta, este incidente deve ser anotado na Folha de Verificação própria para o *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais).

Caso este incidente tenha ocorrido por problemas no setor de compras da empresa, que não especificou de forma correta os itens que deveriam constar na Nota Fiscal a ser entregue na obra, ele deve ser anotado na Folha de Verificação própria para ser avaliado pelo *ISI* (Índice de solicitações incorretas).

Se o incidente tiver ocorrido por causa do fornecedor, deve ser anotado na Folha de Verificação do *INOI* (Índice de Notas Fiscais incorretas), como mostra a Figura 4.12.

Por fim, faz-se a verificação das especificações do concreto entregue na obra, procedendo-se as seguintes análises:

- Deve ser verificado o abatimento do tronco de cone (slump) para cada caminhão entregue e este deve estar de acordo com o especificado na Nota

Fiscal. Caso a trabalhabilidade medida pelo abatimento exceda os limites prescritos, o caminhão deve ser rejeitado. Ficando abaixo do valor, pode-se acrescentar água até um limite estipulado na Nota Fiscal.

- Deve ser feita a moldagem dos corpos-de-prova para que seja realizado o ensaio de resistência à compressão do concreto por um laboratório especializado. A resistência característica à compressão estimada para cada idade em função dos resultados obtidos nos ensaios de ruptura dos corpos-de-prova deve ser maior ou igual à resistência característica estabelecida no projeto.

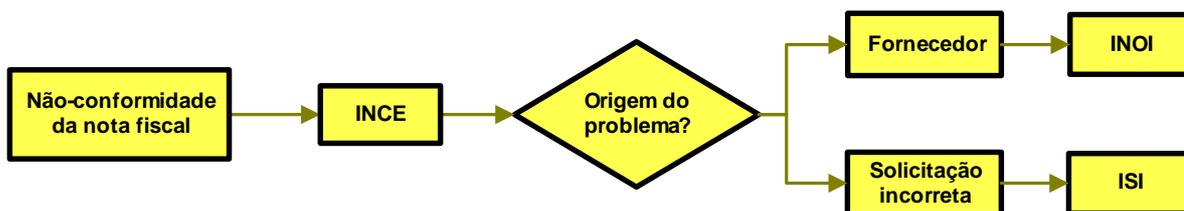


Figura 4.12 – Indicadores utilizados para Notas Fiscais incorretas para o fornecimento de concreto.

Se algum dos caminhões for devolvido, este incidente deve ser anotado na Folha de Verificação do *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais) para que ao final do período de avaliação este dado seja utilizado no *IMANC* (Índice de matérias-primas não-conformes).

No momento da chegada do material à obra deverá ser feito o ensaio de abatimento do tronco de cone para a verificação do material entregue. A realização do teste de resistência a compressão dos corpos-de-prova será realizada conforme as prescrições das normas vigentes e seu resultado só será conhecido após a concretagem da estrutura, inviabilizando a devolução do material por conta deste ensaio.

Se ficar constatado que o concreto entregue não possuía a resistência característica a compressão solicitada ao fornecedor e que constava na Nota Fiscal, deve ser estudada a possibilidade de reforçar a estrutura para que esta não seja prejudicada futuramente. Em último caso, a peça deve ser demolida e refeita.

Desta forma, os resultados do ensaio de abatimento do tronco de cone devem ser acompanhados pelo indicador *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais), enquanto que os resultados do ensaio de resistência à compressão serão acompanhados diretamente pelo indicador *IMANC* (Índice de matérias-primas não-conformes).

Os resultados dos ensaios de compressão devem ser sempre acompanhados pelos Gráficos de Controle para que possíveis alterações no fornecimento deste material sejam detectadas.

Após o recebimento do caminhão de concreto ocorre a concretagem e o adensamento do concreto. Visto ser este material utilizado imediatamente, não há problemas de armazenamento. Quando terminado o período de cura do material as peças são desformadas e pode ser realizada a inspeção das peças prontas.

Devem ser observadas as considerações sobre concretagem, adensamento e cura realizadas no item 2.2.3 a fim de minimizar a ocorrência de não-conformidades nas peças de concreto armado acabadas e futuras intervenções para corrigi-las.

Após o término da concretagem do pavimento e passado o período de cura do concreto é realizada, conforme cronograma específico, a desforma das peças de concreto armado. Somente então, torna-se possível realizar as inspeções para verificação de não-conformidade nas peças acabadas.

Ao ser detectada uma não-conformidade, está será anotada na Folha de Verificação de não-conformidades nas peças acabadas para avaliação dos valores encontrados ao final da inspeção do pavimento. Neste momento é verificado se o valor obtido encontra-se dentro da meta estipulada. Se este valor estiver acima da meta, pode ser feito um Gráfico de Pareto, a fim de visualizar de forma rápida quais os defeitos mais freqüentes nas peças acabadas e a partir daí utilizar o Diagrama de Causa e Efeito para tentar descobrir quais as causas que levaram aos maiores índices de não-conformidades.

4.2. Definição dos Indicadores

4.2.1. Índice de não-conformidade na entrega de materiais - *INCE*

A existência de itens não-conformes no ato da entrega de materiais em uma obra pode levar a ocorrência de diversos problemas de ordem operacional e cronológica.

As causas de ocorrências de não-conformidades no ato da entrega de materiais na obra podem ocorrer por diversos motivos, dentre eles, pode-se citar:

- Pedido entregue fora do prazo acordado;
- Incorreções na Nota Fiscal;
- Material entregue com não-conformidade.

Para assinalar a ocorrência destas situações na chegada do material à obra e posteriormente rastrear a origem destas, utilizá-se o Índice de não-conformidade na entrega

de materiais - *INCE*. Esses eventos poderiam ser analisados diretamente por meio de indicadores específicos para cada situação. Contudo, optou-se por empregar um único indicador de conformidade na entrega de materiais à obra pelos seguintes motivos:

- Facilidade de manuseio dos dados

Na chegada dos materiais à obra, nem sempre existe uma pessoa capacitada a entender e separar por tipo de causas as ocorrências de não-conformidade dos materiais. Desta forma uma única Folha de Verificação, montada de forma simples, pode auxiliar a anotação dos dados de modo a que não sejam obtidos índices equivocados.

- Facilidade na montagem do Diagrama de Pareto

Como os itens já estão todos separados, a montagem do Diagrama de Pareto é mais simples, facilitando assim a rápida visualização de quais itens devem ter prioridade em sua análise.

A forma de apontar o fato ocorrido é anotando em uma Folha de Verificação como a da Figura 4.13, as ocorrências de não-conformidades, a fim de estratificar de imediato o tipo de não-conformidade detectada. Posteriormente serão verificadas as causas destas ocorrências, a fim de analisá-las pelos indicadores específicos.

4.2.1.1. Folha de verificação de não-conformidades detectadas no ato da entrega dos materiais à obra

Folha de verificação para não-conformidades na chegada dos materiais		
Folha número:		
Material:		
Fornecedor:		
Nota fiscal nº:		
Data de entrega:		
Tipo de não-conformidade	Devolução	
	Sim	Não
Atraso na entrega dos materiais		
Nota fiscal incorreta ou incompleta		
Material não-conforme	X	
Lote Conforme		

Figura 4.13 – Folha de verificação de não-conformidade detectada no ato de entrega dos materiais.

A Figura 4.13 exemplifica uma Folha de Verificação de manuseio bastante simples para a maioria dos funcionários da obra.

Nesta folha devem ser assinaladas com um X as não-conformidades que forem verificadas no ato da entrega do lote de materiais, se o lote estava conforme e também com um X se este lote foi devolvido ao fornecedor.

4.2.1.2. Estrutura do Índice não-conformidade na entrega dos materiais

A Figura 4.14 mostra a estrutura do Índice de não-conformidade na entrega dos materiais, sendo o objetivo deste indicador, apenas o de tornar mensuráveis as ocorrências e tipos de problemas de não-conformidades no ato de entrega dos materiais à obra. Neste momento não é necessária a constatação se estes incidentes ocorreram por conta do fornecedor ou do setor de compras da empresa.

Nome do Indicador	Índice de não-conformidade na entrega de materiais – INCE
Objetivo	Quantificar as ocorrências e os tipos de não-conformidades na entrega dos insumos na obra.
Justificativa	Analisar as ocorrências de entrega de pedidos fora do prazo solicitado, assim como a ocorrência de Notas Fiscais com problemas e de não-conformidade dos materiais entregue, a fim de rastrear a origem destes problemas e suas causas.
Ambiente	<i>Off line</i>
Meta	Zero
Equação	$INCE = \frac{PNC}{PE} \times 100$
Elemento	Atraso de materiais, Notas Fiscais incorretas e matérias-primas não conformes.
Responsável pela coleta	Mestre de obra , técnico ou engenheiro
Responsável pela análise de dados	Engenheiro responsável
Fator	Não-conformidade na entrega por fornecedor por período.
Medida	Percentual por período

Figura 4.14 – Estrutura do Índice de não-conformidade na entrega de materiais.

Esse indicador será analisado em separado para cada fornecedor e desta forma cada fornecedor terá um período próprio adequado para verificação de sua eficácia.

No caso do fornecimento de chapas de compensado para construção das fôrmas e para a entrega de aço para as armaduras, deve-se verificar quantas entregas destes tipos de materiais estão programadas e desta forma separá-las em subgrupos para que, a cada período, as entregas possam ser analisadas por partes.

Caso a obra receba poucas remessas destes materiais, o indicador será usado somente uma vez e aconselha-se que, os valores fornecidos por este sejam comparados com os de outras obras, da mesma empresa, que possuam condições semelhantes e que tenham sido supridas pelo mesmo fornecedor.

Para o recebimento de concreto deve-se proceder à análise do indicador por pavimento concretado. Desta forma o engenheiro da obra tem tempo para avaliar a qualidade do fornecedor e decidir por eventuais trocas.

4.2.1.3. Cálculo do Índice de não-conformidade na entrega de materiais

No cálculo deste indicador deve-se relacionar à quantidade total de pedidos entregues por um determinado fornecedor com o número de pedidos entregues contendo uma das seguintes não-conformidades:

- Atraso na entrega dos materiais;
- Nota fiscal incorreta ou incompleta em relação ao solicitado;
- Material entregue com ocorrência de não-conformidade técnica em relação ao solicitado ou em relação às normas vigentes.

O cálculo deste índice é realizado da seguinte forma:

$$INCE = \frac{PNC}{PE} \times 100 \quad (4.1)$$

Onde:

INCE = Índice de não-conformidade na entrega de materiais

PNC = Quantidade de pedidos entregues com um dos três tipos de não-conformidade

PE = Quantidade de pedidos entregues no mês

4.2.2. Índice de solicitações incorretas - ISI

A especificação incorreta ou incompleta de um material, no momento de sua aquisição pode levar o fornecedor a entregar um material que não condiz com a necessidade da obra. Para que isso não ocorra, o pedido de compras deve ser o mais claro e completo possível, para não criar dúvidas quanto ao que se deseja receber e a quantidade necessária.

A existência de especificações claras, com requisitos definidos e documentados, permite a livre comunicação entre compradores e fornecedores, reduzindo eventuais desinformações. Além disso, as especificações de materiais permitem uma comparação objetiva entre diferentes fornecedores de materiais similares, o que conduz a um cadastro de fornecedores qualificados, fundamentado não só no preço ou no prazo de entrega, mas também na conformidade dos produtos às normas (SOUZA, 1996).

Como nem sempre as especificações para compras de materiais são feitas de forma adequada, ocorrem problemas de atraso de cronograma, incorreções nas Notas Fiscais e até mesmo de entrega e, eventualmente, utilização de materiais inadequados. Para acompanhar a incidência deste problema pode-se utilizar um indicador para avaliar a eficácia do setor de compras da empresa e tentar encontrar soluções para problemas que se repetem continuamente.

4.2.2.1. Folha de verificação para solicitações incorretas por parte do setor de compras

A Figura 4.15 mostra um modelo de Folha de Verificação para avaliação do setor de compras onde é realizada a anotação dos tipos de não-conformidades separadas tanto por tipo de solicitações incorretas, quanto por fornecedores.

Nesta Folha de Verificação são marcadas todas as ocorrências de não-conformidades na entrega de todos os materiais, durante o período de um mês, que ocorreram por problemas gerados no pedido de compras. A não-conformidade dos materiais entregues refere-se tanto aos problemas detectados no ato da entrega, quanto aos verificados durante o armazenamento ou durante a utilização dos materiais.

Deve-se tomar cuidado, pois esta Folha de Verificação trata somente dos itens de não-conformidade que foram ocasionados por pedidos de compras, feitos de forma incorreta, incompleta ou com algum outro tipo de problema, que tenha levado o fornecedor a entregar com atraso, com a Nota Fiscal incorreta ou o material incompatível com as necessidades da obra.

Folha de verificação de solicitações incorretas				
Obra:				
Mês:				
Ano:				
Tipo de não-conformidade→	Atraso de material	Notas-fiscais incorretas	Não-conformidade dos materiais	sub-total
Tipo de material ↓				
Chapas de compensado	/			1
Aço para armadura		/		1
Concreto usinado	//			2
Total				4

Figura 4.15 – Folha de verificação de solicitações incorretas.

4.2.2.2. Estrutura do Índice de solicitações incorretas

O Índice de solicitações incorretas visa verificar a incidência de problemas na entrega de materiais na obra por causa de pedidos incorretos ou incompletos que chegaram a ser entregues aos fornecedores. Sua estrutura é apresentada na Figura 4.16.

Nome do Indicador	Índice de solicitações incorretas - <i>ISI</i>
Objetivo	Avaliar o setor de compras.
Justificativa	Analisar os níveis de materiais não-conformes entregue na obra em função de pedidos feitos de forma incorreta ou inexata.
Ambiente	<i>Off line</i>
Meta	Zero
Equação	$ISI = \frac{PD}{PE} \times 100$
Elemento	Pedidos incorretos ou incompletos
Responsável pela coleta	Engenheiro Responsável ou técnico
Responsável pela análise de dados	Engenheiro Responsável
Fator	Quantidade de pedidos feitos de forma incorreta por mês.
Medida	Percentual por mês

Figura 4.16 – Estrutura do Índice de solicitações incorretas.

4.2.2.3. Cálculo do Índice de solicitações incorretas

Para o cálculo deste indicador deve ser relacionada a quantidade de pedidos feitos de forma incorreta ou incompleta e que chegaram a ser solicitados ao fornecedor com a quantidade de pedidos de matérias-primas feitas pelo setor de compras durante o período de um mês.

O cálculo deste índice é realizado da seguinte forma:

$$ISI = \frac{PD}{PE} \times 100 \quad (4.2)$$

Onde:

ISI = Índice de solicitações incorretas

PD = Quantidade de pedidos entregues incorretos ao fornecedor

PE = Quantidade de pedidos entregues no mês

Esse indicador engloba todos os materiais entregues na obra dentro do período de um mês, pois se julga prudente ter um acompanhamento mensal ou em casos mais rígidos semanal da eficiência do setor de compras da empresa.

4.2.3. Índice de pedidos entregue com atraso - IPEA

O atraso na entrega de materiais em uma obra pode trazer problemas no cumprimento do cronograma. Dependendo do tipo de material e da fase em que se encontra a obra, pode incorrer em multas por atraso ou a devolução da matéria-prima ao fornecedor.

A confiança da entrega do material no dia previsto leva a empresa à redução de estoques e conseqüentemente ao aumento de lucros por conseguir programar com exatidão suas atividades com estoque mínimo.

Para avaliar a confiabilidade dos fornecedores de materiais pode-se utilizar o Índice de pedidos entregue com atraso (*IPEA*). Este indicador tem a função de auxiliar de forma simples, juntamente com o indicador *INOI* (Índice de Notas Fiscais incorretas) e com o *IMANC* (Índice de matérias-primas não-conformes), as decisões sobre quais fornecedores devem continuar suprindo o empreendimento ou a empresa construtora, para não comprometer o prazo e a qualidade da obra executada.

O IPEA analisa somente os atrasos na entrega de materiais que foram ocasionados por problemas do fornecedor e que em determinados momentos da obra podem se tornar um inconveniente difícil de contornar.

Optou-se por um indicador para cada tipo de não-conformidade, no ato da entrega do material à obra, para a análise em separado de quais tipos de ocorrências são mais freqüentes em um determinado fornecedor e conseqüentemente a avaliação da qualidade deste.

Os pedidos que forem entregues com atraso por responsabilidade do fornecedor devem ter acompanhamento periódico para verificar se a quantidade tende a aumentar. Isso pode ser acompanhado por meio de um Histograma para visualizar de forma rápida como esses valores se comportam ao longo dos períodos estipulados para a análise de cada fornecedor.

4.2.3.1. Folha de verificação do Índice de pedidos entregue com atraso

Conforme mostra a Figura 4.17 a folha utilizada para o acompanhamento de não-conformidades é bastante simples de ser preenchida e entendida.

Folha de verificação de não-conformidades por responsabilidade do fornecedor			
Material:			
Fornecedor:			
Período:			
Tipo de não-conformidade	Quantidade	Devolução	
		Sim	Não
Atraso na entrega dos materiais	///		///
Nota fiscal incorreta ou incompleta	/		/
Material não - conforme	////	///	/
Total de não-conformidades	8	3	5

Figura 4.17 – Folha de verificação de não-conformidades por responsabilidade do fornecedor.

Após a estratificação sobre a origem das não-conformidades na entrega dos materiais a obra, os incidentes por causa do fornecedor devem ser anotados na Folha de

Verificação própria. Esta folha já é estratificada quanto ao tipo de ocorrência a fim de tornar mais rápida a utilização dos indicadores específicos.

4.2.3.2. Estrutura do Índice de pedidos entregue com atraso

A estrutura do Índice de pedidos entregue com atraso é apresentada na Figura 4.18, onde é determinado o objetivo deste indicador, assim como sua justificativa.

Nome do Indicador	Índice de pedidos entregue com atraso - <i>IPEA</i>
Objetivo	Determinar a confiabilidade dos fornecedores de materiais em relação ao prazo de entrega.
Justificativa	Obter cadastro de fornecedores confiáveis, quanto ao cumprimento dos prazos de entrega.
Ambiente	<i>Off line</i>
Meta	Zero
Equação	$IPEA = \frac{PA}{PE} \times 100$
Elemento	Atraso no fornecimento
Responsável pela coleta	Engenheiro responsável ou técnico
Responsável pela análise de dados	Engenheiro responsável
Fator	Atraso por fornecedor por período.
Medida	Percentual por período.

Figura 4.18 – Estrutura do Índice de pedido entregue com atraso.

4.2.3.3. Cálculo do Índice de pedidos entregue com atraso

Para o cálculo deste indicador deve ser relacionada a quantidade de pedidos entregues com atraso devido ao fornecedor e a quantidade de pedidos entregues no período.

O cálculo deste índice é realizado da seguinte forma:

$$IPEA = \frac{PA}{PE} \times 100 \quad (4.3)$$

Onde:

IPEA = Índice de pedidos entregues com atraso

PA = Quantidade de pedidos entregues com atraso por problemas do fornecedor

PE = Quantidade de pedidos entregues dentro do período estipulado para análise

4.2.4. Índice de Notas Fiscais incorretas - *INOI*

Existem materiais, como é o caso do concreto usinado, que a conferência da Nota Fiscal é um item de verificação na chegada do material, tão importante quanto o item de inspeção de não-conformidade do material entregue. Algumas das situações que podem ocorrer ao estar a nota não - conforme e que podem levar a devolução de todo o material são:

- Número do lacre incorreto – O lacre pode ter sido trocado em algum momento entre a saída do caminhão da concreteira e a chegada à obra, ocorrendo extravio e possível adulteração do material.
- Horário de saída do caminhão do fornecedor não especificado – Ao não especificar o horário de saída do caminhão não se pode saber se o prazo para a utilização do concreto (antes do início da pega) expirou.
- Valor máximo de adição de água - Deve constar a quantidade máxima para a adição de água que pode ser feita na obra, a fim de não modificar as propriedades do concreto. Se o slump não obtiver o resultado esperado não será possível a adição de água e o caminhão será devolvido.

4.2.4.1. Folha de verificação do Índice de Notas Fiscais incorretas

A Folha de Verificação utilizada para a anotação das quantidades de ocorrências de Notas Fiscais incorretas é semelhante à utilizada para o *IPEA* (Índice de pedidos entregue com atraso), visto que, esta se refere aos três tipos de não-conformidades geradas pelos fornecedores de matérias-primas tratadas neste estudo.

4.2.4.2. Estrutura do Índice de Notas Fiscais incorretas

A estrutura do Índice de Notas Fiscais incorretas está mostrada na Figura 4.19.

Nome do Indicador	Índice de Notas Fiscais incorretas - <i>INOI</i>
Objetivo	Determinar a confiabilidade dos fornecedores de materiais em relação a correta elaboração das Notas Fiscais.
Justificativa	Obter cadastro de fornecedores confiáveis, quanto ao controle de informações contidas em suas Notas Fiscais e a coerência destas com o que foi solicitado e entregue.
Ambiente	<i>Off line</i>
Meta	Zero
Equação	$INOI = \frac{NI}{NR} \times 100$
Elemento	Incorreção das Notas Fiscais
Responsável pela coleta	Engenheiro responsável ou técnico
Responsável pela análise de dados	Engenheiro responsável
Fator	Notas incorretas por fornecedor por período.
Medida	Percentual por período.

Figura 4.19 – Estrutura do Índice de Notas Fiscais incorretas.

4.2.4.3. Cálculo do Índice de Notas Fiscais incorretas

Para o cálculo deste indicador deve ser relacionada a quantidade total de Notas Fiscais entregues pelo fornecedor com as Notas Fiscais que chegam com suas informações incoerentes com o que está sendo entregue na obra ou com algum outro tipo de incorreção na Nota Fiscal, em que seja necessário o envio de uma errata da mesma para o recebimento do material.

O cálculo deste índice é realizado da seguinte forma:

$$INOI = \frac{NI}{NR} \times 100 \quad (4.4)$$

Onde:

INOI = Índice de Notas Fiscais incorretas ou incompletas

NI = Quantidade de Notas Fiscais incorretas ou incompletas entregues na obra

NR = Quantidade total de Notas Fiscais recebidas no período de avaliação

4.2.5. Índice de matérias-primas não-conformes – *IMANC*

O indicador de matérias-primas não-conformes busca analisar a qualidade dos fornecedores por meio da avaliação da quantidade de materiais com algum tipo de defeito ou impossibilitados de serem utilizados na execução das peças de concreto armado entregues na obra em um determinado período de tempo.

Costa (2006) desenvolveu, para a indústria automobilística, um indicador chamado PPM (Partes por milhão) que aponta o número de peças ou materiais defeituosos que são entregues por um fornecedor, em função da quantidade total de peças entregues para certo período. Esse indicador busca auxiliar na redução da quantidade de incidentes do fornecedor.

Como, na indústria automobilística, o volume de peças fabricadas em um dado período é bem maior que a quantidade de peças de concreto armado acabadas em uma obra no mesmo período, não é aconselhável que o mesmo indicador seja utilizado para a construção civil; contudo, o princípio que rege o indicador proposto neste estudo é o mesmo que o PPM proposto por Costa.

4.2.5.1. Folha de verificação do Índice de matérias-primas não-conformes

A Folha de Verificação utilizada para a anotação das quantidades de ocorrências de matérias-primas não-conformes é a mesma que a utilizada para o *IPEA* (Índice de pedidos entregue com atraso), visto que esta refere-se a não-conformidades geradas pelos fornecedores de matérias-primas.

4.2.5.2. Estrutura do Índice de matérias-primas não-conformes

Para a definição do indicador, é apresentada sua estrutura na Figura 4.20.

Este indicador reflete a confiabilidade dos fornecedores de materiais para a construção, medindo a quantidade de materiais não-conformes entregue na obra, levando em conta tanto o material devolvido antes do recebimento (por não passar pela inspeção de qualidade), quanto os materiais que foram recebidos e não utilizados ou utilizados gerando peças com defeitos.

Nome do Indicador	Índice de matérias-primas não-conformes - <i>IMANC</i>
Objetivo	Demonstrar o nível de materiais não-conformes entregue na obra
Justificativa	Avaliar a qualidade dos fornecedores
Ambiente	<i>Off line</i>
Meta	Zero
Equação	$IMANC = \frac{LD}{LE} \times 100$
Elemento	Materiais Defeituosos
Responsável pela coleta	Mestre de obras, encarregado ou engenheiro
Responsável pela análise de dados	Engenheiro da obra
Fator	Quantidade de materiais defeituosos entregue por período.
Medida	Percentual por período

Figura 4.20 – Estrutura do Índice de matérias-prima não-conformes.

4.2.5.3. Cálculo do Índice de matérias-primas não-conformes

Para o cálculo deste indicador deve ser relacionada a quantidade de lotes defeituosos entregues na obra pelo fornecedor e quantidade de lotes total entregues por este.

O cálculo deste índice é realizado da seguinte forma:

$$IMANC = \frac{LD}{LE} \times 100 \quad (4.5)$$

Onde:

IMANC = Índice de matérias-primas não-conformes

LD = Quantidade de lotes defeituosos entregues na obra pelo fornecedor

LE = Quantidade de lotes entregues pelo fornecedor

Esse indicador pode tanto auxiliar a empresa a verificar quais fornecedores devem continuar entregando materiais em suas obras, quanto visa contribuir para que os fornecedores detectem pontos de não-qualidade em suas mercadorias, melhorando assim seus serviços junto aos clientes.

Quando o indicador se refere a itens ele pode estar se referindo tanto a peças, lotes ou caminhões. Isso ocorre, pois no setor da construção civil existe uma variedade grande de tipos de materiais utilizados, desde a areia, que deve ser avaliada como um todo no caminhão entregue; o ferro que pode ser reprovado apenas um lote do entregue; o compensado para fôrmas que pode ser recebido e no instante da utilização ser constatado defeito em algumas peças, impedindo seu uso.

Logo os casos de não-conformidades devem ser estratificados para que possam ser devidamente utilizados pelo indicador isto é, cada tipo de material deve usar o indicador separadamente dos outros.

4.2.6. Índice de correção de fôrmas - *ICOF*

Após o término da execução das fôrmas, estas devem ser verificadas, a fim de que as peças de concreto armado não sejam concretadas com dimensões erradas ou qualquer outro tipo de problemas que prejudiquem a funcionabilidade da estrutura.

4.2.6.1. Folha de verificação do Índice de correção de fôrmas

A Figura 4.21 exemplifica uma Folha de Verificação de manuseio bem simples. Nesta deve-se assinalar o tipo de ocorrência de não-conformidade e em que tipo de peça foi encontrado.

Folha de verificação de correção de fôrmas				
Obra:				
Prédio:				
Pavimento:				
Tipo de Peça→	Vigas	Pilares	Lajes	Total
Quantidade de fôrmas verificadas→	//// //	//// //	//// //	48
Tipo de não-conformidade encontrada por classe de peça↓				
Dimensões	/			1
Desmoldante	///			3
Prumo		/		1
Nível				
Fixação e travamento		/		1
Locação dos pontos e eixos	/			1
Outros				
Total	5	2		7

Figura 4.21 – Folha de verificação do Índice de correção de fôrmas.

4.2.6.2. Estrutura do índice de correção de fôrmas

Nome do Indicador	Índice de correção de fôrmas - <i>ICOF</i>
Objetivo	Determinar o nível de correção das formas efetuadas
Justificativa	Avaliar a mão-de-obra utilizada para o corte, preparação e montagem das fôrmas.
Ambiente	<i>in line</i>
Meta	Zero
Equação	$ICOF = \frac{FNC}{TF} \times 100$
Elemento	Corte, preparação ou montagem incorreta.
Responsável pela coleta	Mestre de obra ou engenheiro
Responsável pela análise de dados	Engenheiro
Fator	Fôrmas com defeito por período.
Medida	Percentual por período

Figura 4.22 – Estrutura do Índice de correção de fôrmas.

A Figura 4.22 mostra a estrutura montada para o índice de correção das fôrmas com o objetivo de quantificar e tabular os números de correção de fôrmas devido a problemas com a mão-de-obra da obra.

4.2.6.3. Cálculo do índice de correção de fôrmas

Para o cálculo deste indicador deve ser relacionada a quantidade de fôrmas com pelo menos um tipo de não-conformidade que necessite de correção e a quantidade de fôrmas inspecionadas confeccionadas no período.

O cálculo deste índice é realizado da seguinte forma:

$$ICOF = \frac{FNC}{TF} \times 100 \quad (4.6)$$

Onde:

ICOF = Índice de correção de fôrmas

FNC = Quantidade de fôrmas com pelo menos um tipo de não-conformidade que necessite correção

TF = Quantidade total de fôrmas inspecionadas no período

4.2.7. Índice de correção das armaduras de aço – ICAA

Devido aos vários problemas que podem ocorrer quando uma armadura deixa de ser colocada ou é colocada de forma incorreta, verifica-se que existe a necessidade de fazer uma rigorosa inspeção em todas as peças que serão concretadas.

Desta forma o presente indicador tem por finalidade acompanhar as ocorrências de correção das armaduras de aço, a fim de buscar suas causas e combater-las até chegar à marca de zero não-conformidade.

4.2.7.1. Folha de verificação do Índice de correção das armaduras de aço

Na Figura 4.23 exemplifica-se uma Folha de Verificação para anotação das correções feitas nas armaduras de aço das peças de concreto armado.

Nesta Folha de Verificação deve-se marcar com um X o tipo ou tipos de não-conformidades que foram encontradas no momento da inspeção das armaduras. Para isso, a Folha de Verificação deve ter uma linha para cada peça existente no pavimento.

Folha de verificação de correção das armaduras de aço											
Obra:											
Prédio:											
Pavimento:											
Tipos de não-conformidades →	Troca da bitola ou tipo de aço	Troca de armaduras entre peças	Posição incorreta dos estribos	Inversão das armaduras	Dobramento incorreto	Congestionamento de ferragens	Esperas e comprimentos de ancoragens incorretos	Quantidade de espaçadores insuficiente	Amarração e caranguejos insuficientes	Outros tipos de não-conformidades	Armadura conforme
Viga 1											
Viga 2											
Viga n											
Pilar 1											
Pilar 2											
Pilar n											
Laje 1											
Laje 2											
Laje n											
Total											

Figura 4.23 – Folha de verificação de correção das armaduras de aço.

4.2.7.2. Estrutura do Índice de correção das armaduras de aço

A Figura 4.24 mostra a estrutura idealizada para o índice de correção de armaduras de aço.

Nome do Indicador	Índice de correção das armaduras de aço - ICAA
Objetivo	Determinar o índice de correção efetuado nas armaduras.
Justificativa	Avaliar a mão-de-obra especializada utilizada para o corte, montagem e colocação da armação de aço.
Ambiente	<i>in line</i>
Meta	Zero
Equação	$ICAA = \frac{PD}{PE} \times 100$
Elemento	Corte, preparação ou montagem incorreta.
Responsável pela coleta	Mestre de obra ou engenheiro
Responsável pela análise de dados	Engenheiro
Fator	Peças de aço com imperfeições por período.
Medida	Percentual por período

Figura 4.24 – Estrutura do Índice de correção das armaduras de aço.

4.2.7.3. Cálculo do Índice de correção das armaduras de aço

Para o cálculo deste indicador devem ser relacionadas a quantidade de peças defeituosas e a quantidade de peças executadas.

O cálculo deste índice é realizado da seguinte forma:

$$ICAA = \frac{PD}{PE} \times 100 \quad (4.7)$$

Onde:

ICAA = Índice de correção das armaduras de aço

PD = Quantidade de peças defeituosas

PE = Quantidade de peças executadas

4.2.8. Índice de não-conformidades nas peças - *INCP*

O presente indicador visa determinar a quantidade, a localização e os tipos de peças em concreto armado acabadas com não-conformidades. Dessa forma pode-se avaliar a qualidade da mão-de-obra utilizada para a execução das mesmas por meio da avaliação da quantidade e tipo de defeitos encontrados nelas em uma determinada etapa da obra.

Como, já foi exposto, a mão-de-obra utilizada nas fases de execução e colocação das fôrmas, da dobra, montagem e colocação das armaduras e da concretagem e cura do concreto é distinta, deve ser avaliada de forma separada por tipo de defeitos encontrados em uma determinada etapa da obra.

O ideal para a correta avaliação das equipes é que as mesmas sejam formadas e avaliadas do início ao final do empreendimento. A troca de funcionários dificulta a utilização das ferramentas para avaliação da qualidade como o Histograma e o Diagrama de Dispersão, assim como o Diagrama de Causa e Efeito, pois ao avaliar funcionários diferentes os dados não poderão ser comparados.

4.2.8.1. Folha de verificação de não-conformidades nas peças de concreto armado acabadas

Folha de verificação de não-conformidades nas peças acabadas									
Obra:									
Prédio:									
Pavimento:									
	Fissura	Ferro aparente	Vazio	Aspecto irregular	Nível	Prumo	Outros	Total	Peça OK
Viga 1	X				X			2	
Viga 2		X				X		2	
Viga n		X						1	X
Pilar 1			X					1	X
Pilar 2	X					X		2	
Pilar n		X						1	
Laje 1		X						1	X
Laje 2									X
Laje n									X
Total	2	4	1		1	2		10	5

Figura 4.25 – Folha de verificação de não-conformidades nas peças acabadas.

A Figura 4.25 mostra uma Folha de Verificação para anotação dos tipos de não-conformidades encontradas na inspeção das peças de concreto armado já acabadas. Nesta deve-se marcar com um X o tipo ou tipos de não-conformidades que foram verificadas, estando estas separadas pela identificação do tipo de não-conformidade e a localização.

4.2.8.2. Estrutura do Índice de não-conformidades nas peças

A definição do indicador, assim como sua estrutura está especificada na Figura 4.26.

Nome do Indicador	Índice de não-conformidades nas peças - <i>INCP</i>
Objetivo	Determinar a quantidade de peças acabadas com algum tipo de não-conformidade e tipo de defeitos mais frequentes
Justificativa	Avaliar a eficiência dos profissionais em confeccionar as peças e em identificar matérias-primas não-conformes
Ambiente	<i>In line / On line</i>
Meta	Zero
Equação	$INC = \frac{PD}{PA} \times 100$
Elemento	Retrabalho, desperdício, produto final imperfeito
Responsável pela coleta	Mestre-de-obras, encarregado ou engenheiro
Responsável pela análise de dados	Engenheiro da obra
Fator	Quantidade de unidades acabadas não-conformes por tipo de peças por pavimento
Medida	Percentual por tipo de peças por pavimento

Figura 4.26 – Estrutura do Índice de não-conformidades nas peças.

4.2.8.3. Cálculo do Índice de não-conformidades nas peças

Para o cálculo deste indicador deve ser relacionada a quantidade de peças defeituosas no pavimento e a quantidade de peças de concreto armado acabadas.

O cálculo deste índice é realizado da seguinte forma:

$$INC = \frac{PD}{PA} \times 100 \quad (4.8)$$

Onde:

INCP = Índice de não-conformidades nas peças

PD = Quantidade de peças defeituosas no pavimento

PA = Quantidade total de peças de concreto armado acabadas

A medida da avaliação deve ser feita, a princípio, por pavimento, para um melhor acompanhamento das equipes de trabalho.

A seguir a Tabela 4.1 mostra uma síntese dos indicadores utilizados neste trabalho.

Tabela 4.1 – Resumo dos Indicadores Utilizados.

INDICADORES UTILIZADOS	
Sigla	Definição do Indicador
INCE	Índice de não-conformidade na entrega de materiais
ISI	Índice de solicitações incorretas
IPEA	Índice de pedidos entregue com atraso
INOI	Índice de Notas Fiscais incorretas
IMANC	Índice de matérias-primas não-conformes
ICOF	Índice de correção de fôrmas
ICAA	Índice de correção das armaduras de aço
INCP	Índice de não-conformidades nas peças

4.3. Aplicação do Ciclo PDCA à Execução de Obras Prediais

O ciclo PDCA é um método para melhoria contínua que deve ser aplicado em quatro fases distintas conforme descrito a seguir.

4.3.1. “P” - Planejar

A primeira fase do ciclo pode ser estratificada em 5 partes:

- Identificação do problema

A questão a ser analisada é a obtenção incremental da melhoria da qualidade e da produtividade com a possível redução de custos, na fase de execução da superestrutura de concreto armado.

Os problemas podem ser ocasionados por atraso no andamento da obra, assim como por constantes acertos oriundos de materiais não-conformes ou de ineficiência da mão-de-obra. Esses fatores que geram custos adicionais à obra devem ser eliminados.

- Estabelecer a meta

A meta a ser atingida é de zero ocorrências de não-conformidades na chegada dos materiais à obra e de conseguir que as peças prontas passem na inspeção sem nenhum defeito. Para que isso ocorra, a meta pode ser conseguida de forma incremental, de acordo com resultados obtidos anteriormente e analisados pelas cartas de controle.

Como exemplo pode-se definir a meta para a entrega de concreto usinado como:

“Chegar ao índice de zero incidente de não-conformidades na entrega de concreto usinado na obra até a concretagem do 3º pavimento”.

Desta forma tem-se um objetivo, um prazo e um valor relacionados ao que se deseja obter.

- Análise do fenômeno

Ao analisar os problemas citados, verifica-se que uma parte destes provém de ocorrências de não-conformidades no ato da entrega de materiais ou materiais não-conformes que passaram pela inspeção e chegaram a linha de produção, assim como de problemas com o setor de compras da empresa e com a mão-de-obra no canteiro de obras.

- Análise do processo

As causas que serão analisadas serão:

- No ato da entrega dos materiais:
 - Atraso do material
 - Incorreções na Nota Fiscal
 - Matéria-prima não-conforme
- Após a verificação do material:
 - O setor de compras da empresa
 - O fornecedor de materiais
 - A mão-de-obra utilizada

- Estabelecimento do plano de ação

Estabelecem-se um conjunto de indicadores e a utilização das ferramentas da qualidade para o acompanhamento destes fatores e melhoria incremental de soluções junto aos fornecedores e aos setores da empresa envolvidos.

Os envolvidos no processo devem ser orientados quanto à utilização das Folhas de Verificação e quanto à importância dos indicadores para a obtenção de dados que irão auxiliar na melhoria do produto final e do processo de produção.

4.3.2. “D” - Executar

Essa é a fase em que, durante a execução da obra, deve-se colocar em prática as medidas para a obtenção de dados, a fim de que estes possam ser analisados nas etapas posteriores, encontrando-se as principais causas de não-conformidades na entrega de materiais e na construção da superestrutura. Desta forma podem ser propostos métodos para que estas ocorrências sejam combatidas até a obtenção das metas.

4.3.3. “C” - Verificar

Nessa etapa são verificadas as ações realizadas na etapa anterior. Andrade (2003) afirma que, a organização deve estar atenta a todos os indicadores propostos na etapa do planejamento e monitorados na etapa da execução, estudando-os minuciosamente, exprimindo quais ações obtiveram os melhores resultados e quais não alcançaram o desempenho desejado, medidos pelos indicadores em questão.

Logo, nessa etapa serão verificados se os resultados dos indicadores já estão dentro das metas propostas. Em caso afirmativo a próxima etapa deve introduzir um plano de rotina para que este resultado se mantenha estável.

Caso o resultado dos indicadores não esteja dentro da meta almejada, devem ser verificadas, por meio das ferramentas da qualidade, quais as maiores causas para o efeito indesejado e inicia-se então, na próxima fase, a construção de um plano de ação para que os desvios sejam eliminados.

Para o exemplo de meta de concreto usinado, podem existir duas formas para o início deste acompanhamento:

Se houver dados anteriores ao início da obra, obtidos do mesmo fornecedor e em condições semelhantes à obra em andamento, podem ser verificados quais os índices de não-conformidades na entrega de materiais relacionados a este fornecedor, gerando um

Gráfico de Controle que indique qual a primeira meta de melhoria a ser alcançada. Conforme forem realizadas mudanças no processo, dentro das outras fases do ciclo, essa meta vai sendo reduzida até a obtenção da meta inicial.

Se não houver dados que possam ser utilizados, devem-se proceder as primeiras concretagens, a fim de obter os valores para o trabalho de melhoria.

4.3.4. “A” - Atuar

A última fase do ciclo PDCA é caracterizada pelo processo de padronização das medidas realizadas e dos indicadores utilizados, caso a meta tenha sido alcançada e não sejam necessários ajustes nos métodos e nos indicadores utilizados para o monitoramento destes.

Se a meta não for alcançada, faz-se necessária a implantação de medidas corretivas para a melhoria do processo e a análise dos indicadores, a fim de verificar se estes são realmente adequados às necessidades do trabalho. Inicia-se então um novo ciclo para a nova verificação dos resultados e dos métodos utilizados.

Quando finalmente a meta pretendida é alcançada ocorre à padronização dos métodos e dos indicadores para o acompanhamento sistemático dos resultados.

4.4. Relação das Ferramentas com os Indicadores da Qualidade Implementados no Ciclo PDCA

As ferramentas da qualidade mostram-se úteis na verificação de problemas da indústria em geral e são muitas vezes utilizadas na indústria da construção civil sem a devida formulação teórica. Quando utilizadas de forma correta elas podem ser proveitosas para a estratificação das causas de não-conformidades e suas origens, auxiliando na eliminação destas.

Incluídas no ciclo PDCA, para a melhoria incremental do processo de construção da superestrutura de concreto armado predial, as ferramentas da qualidade ajudam no planejamento das ações de melhoria, assim como no controle e nas ações corretivas.

O Fluxograma do processo de recebimento e utilização dos materiais, contendo a seqüência de recebimento e inspeções de materiais, mostra em que pontos podem ser necessários os indicadores para o acompanhamento dos resultados de entrega de insumos e para o controle de não-conformidades relacionadas às peças em execução e acabadas.

No momento da entrega dos materiais na obra todas as ocorrências de não-conformidades encontradas são marcadas na Folha de Verificação do indicador *INCE* (Índice de não-conformidade na entrega de materiais) e tratadas por este indicador. Em seguida devem ser verificadas quais as causas que levaram a estes eventos de não-conformidades. Quando for constatado que este incidente ocorreu por causa do setor de compras da empresa ele deve ser anotado na Folha de Verificação do ISI (Índice de solicitações incorretas). Essa folha deve ser analisada mensalmente para verificar se o valor obtido encontra-se dentro da meta estipulada e seus dados incluídos nos Gráfico de Controle para este incidente.

Essa verificação é realizada através da estratificação, para a separação por motivos que levaram as ocorrências destas não-conformidades. Por exemplo, se no ato da entrega dos materiais houver ocorrência de atraso pode ter sido por deficiência do fornecedor ou por problemas no setor de compras. Desta forma os casos de atraso devem ser estratificados a fim de verificar quais das causas devem ser tratadas com prioridade.

Para a anotação das ocorrências de não-conformidades na entrega dos materiais e nas peças em andamento ou acabadas são utilizadas as Folhas de Verificação. Essas folhas têm por objetivo documentar os incidentes a fim de que estes dados possam ser utilizados por outras ferramentas da qualidade, assim como pelos indicadores da qualidade.

Ao chegar o momento de análise o indicador deverá ser calculado e seu resultado comparado com a meta estipulada.

A meta pode ser tanto a mostrada na estrutura indicada para este indicador, que seria a meta ideal, ou no caso de a obra possuir um histórico de entregas de não-conformidades de um fornecedor, pode ser gerado um valor para a meta com base em um Gráfico de Controle e considerações sobre o que deveria ocorrer para a melhoria do processo. Sendo assim, antes da análise do indicador, usar-se-ia a ferramenta do Gráfico de Controle para o auxílio na obtenção da meta.

Em seguida esta meta será comparada com o resultado obtido e se o processo estiver fora de controle, serão verificadas soluções para que o mesmo volte a seu estado normal.

A estratificação dos tipos de não-conformidades pode ser visualizada de forma rápida por um Diagrama de Pareto, sinalizando assim as causas que devem ter prioridade em serem sanadas, por terem maior incidência ou por serem mais prejudiciais ao processo.

Em seguida as possíveis causas para esses eventos podem ser mapeadas através de um Diagrama de Causa e Efeito. O Diagrama de Causa e Efeito conduz a uma grande quantidade de causas, sem estabelecer exatamente quais as raízes do problema. É uma ferramenta útil para o levantamento de direcionadores e para estabelecimento da relação

entre o efeito e suas causas, contudo não indica necessariamente as causas que devem efetivamente ser atacadas.

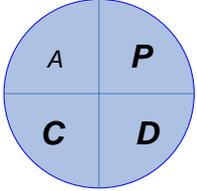
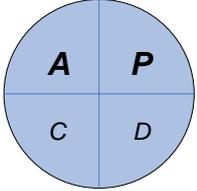
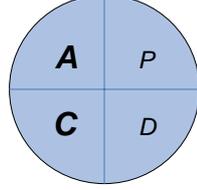
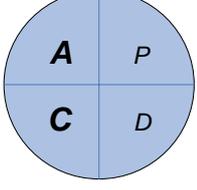
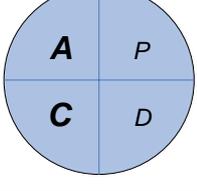
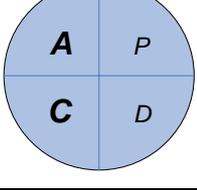
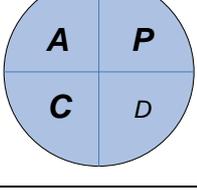
Um Histograma fornece o acompanhamento sistemático dos resultados alcançados. Pode ser utilizado para demonstrar graficamente a incidência de solicitações incorretas ao longo dos meses, a fim de se acompanhar se estas estão aumentando, diminuindo ou se estão no mesmo nível. Os pedidos que forem entregues com atraso por responsabilidade do fornecedor devem ter acompanhamento periódico para verificar se esses tendem a aumentar. Isso pode ser acompanhado por meio de um Histograma para visualizar de forma rápida como esses valores se comportam ao longo dos períodos estipulados para a análise de cada fornecedor e das peças em execução ou acabadas.

Os dados obtidos com os indicadores podem ainda ser tratados de forma conjunta através de um Diagrama de Dispersão a fim de verificar se existe correlação significativa entre eles.

A Tabela 4.2 mostra um resumo de como as ferramentas da qualidade podem ser utilizadas em conjunto com os indicadores da qualidade e as fases em que são utilizadas em relação ao ciclo PDCA. Essas fases são:

- A Folha de Verificação pode ser utilizada na fase de Planejamento, onde são formuladas em conjunto com os indicadores, na fase de execução onde são feitas as anotações relevantes à utilização dos indicadores e na fase de controle onde os dados armazenados são utilizados para o cálculo dos indicadores.
- O Fluxograma é utilizado na fase de planejamento para representar o processo auxiliando na análise dos locais onde podem ser utilizados os indicadores da qualidade e na fase de ação para auxiliar no traçado de ações corretivas e na padronização dos métodos.
- O Diagrama de Causa e Efeito é utilizado na fase de verificação dos resultados para a obtenção das causas que possam ter levado o processo a resultados indesejáveis e na tomada de decisões para melhorias.
- O Diagrama de Pareto é utilizado na fase de verificação dos resultados a fim de visualizar de forma quantificada os valores obtidos pelos indicadores sinalizando quais devem ter sua eliminação priorizada em relação à quantidade de ocorrências e a relevância destas para a qualidade do produto e seus resultados auxiliam na tomada de decisões para a melhoria.

Tabela 4.2 – Utilização das ferramentas e dos indicadores da qualidade dentro da metodologia PDCA

Ferramentas da Qualidade	Utilização	Fase de utilização no ciclo PDCA
Folha de Verificação	Essa ferramenta constitui a fonte da coleta dos dados de modo que estes sejam registrados de forma clara e precisa. Facilita assim tanto na identificação das não-conformidades encontradas como na interpretação dos dados e em sua utilização por outras ferramentas.	
Fluxograma	É utilizado para representar um processo por meio de símbolos facilitando a visualização de todo o conjunto de seqüência e dos indicadores que podem ser utilizados.	
Diagrama de Causa e Efeito	Promove a identificação das possíveis causas de um problema de não-conformidade por meio da visualização da relação entre o efeito indesejado e todas as prováveis causas que possam ser relacionadas.	
Diagrama de Pareto	É uma ferramenta que permite separar os problemas mais importantes, por meio da visualização rápida dos tipos de não-conformidades a fim de facilitar a decisão de quais eventos devem ser primeiramente solucionados.	
Histograma	Demonstra graficamente a incidência de não-conformidades ao longo dos períodos de análise, fornecendo acompanhamento sistemático dos resultados dos fornecedores e da mão-de-obra.	
Diagrama de Dispersão	Serve para avaliar a correspondência entre os diferentes aspectos dos resultados das não-conformidades, mostrando se existe tendência de variação conjunta.	
Gráfico de Controle	O Gráfico de Controle pode ser utilizado para o acompanhamento dos resultados do fornecedor, demonstrando se ele se encontra sob controle estatístico ou não e para a obtenção de novas metas.	

- O Diagrama de Dispersão é utilizado na fase de verificação para indicar uma possível correlação entre dois ou mais fatores que possam estar influenciando nos resultados obtidos pelos indicadores da qualidade e seus resultados são utilizados para traçar os planos de ação de melhorias.
- O Gráfico de Controle pode ser utilizado na fase de planejamento para a obtenção das metas que devem ser alcançadas, assim como na fase de verificação a fim de verificar se os resultados obtidos pelos indicadores estão sob controle estatístico e na ação corretiva ou padronização dos resultados.

Pode-se verificar que quando utilizadas em conjunto com as ferramentas da qualidade e dentro da metodologia do ciclo PDCA, os indicadores da qualidade podem ser de grande auxílio para a verificação de condições de não-conformidades dentro do processo construtivo.

5. Conclusões

O estudo constou de uma adaptação na metodologia de recebimento para a cadeia de suprimentos e na verificação dos resultados em cada etapa do processo construtivo da superestrutura de concreto armado para uma edificação. Foi feito um ordenamento das ferramentas da qualidade que pudesse auxiliar em cada etapa do processo.

As ferramentas da qualidade foram avaliadas de modo a que pudessem ser utilizadas no rastreamento e eliminação das causas de não-qualidade no setor.

Da mesma forma, a metodologia do ciclo PDCA apresentou-se como um modo de sistematização para que o processo construtivo pudesse ter o melhoramento incremental de seus métodos de trabalho.

Esta metodologia inclui um sequenciamento de indicadores da qualidade, formulados especificamente para a etapa construtiva em questão. Esse fluxo de atividades permite avaliar a qualidade relacionada à não-conformidades na entrega de matéria-prima na obra, assim como os problemas gerados pelo setor de compras da empresa e pela mão-de-obra que executa os serviços. Desta forma, são verificados quais os pontos críticos para o controle de qualidade que devem ter prioridade em seu controle.

A metodologia proposta mostra-se consistente, pois se entende que os problemas que ocasionam as não-conformidades são os mais variados e que se deve, a priori, conhecer aqueles que são mais importantes para a gestão da qualidade a fim de ter suas causas analisadas e solucionadas rapidamente, até que se consiga chegar a uma situação aceitável.

Em função da metodologia proposta verifica-se que é possível implementar uma seqüência de indicadores da qualidade, adaptados de outros setores ou criados especificamente para esta fase da construção, de forma que se possa controlar e melhorar o nível de não-conformidades na entrega de materiais na obra e na mão-de-obra utilizada neste setor, por meio do rastreamento e eliminação das causas destas não-conformidades.

Estes indicadores devem ser formulados especificamente para cada etapa da construção das edificações. A formulação deve ser feita em função da fase em que se encontra a empresa em relação à qualidade e a etapa construtiva em questão, a fim de verificar e controlar o nível de não-conformidades ocasionadas tanto ao longo do processo construtivo quanto nas peças acabadas.

Em conjunto com os indicadores, as ferramentas da qualidade e a implementação do ciclo PDCA auxiliam na documentação e no rastreamento das causas geradoras dos eventos de não-conformidades ocasionadas durante o processo construtivo.

Estes métodos ajudam também na obtenção de rotinas de inspeções de recebimentos nas várias fases do processo a fim de que se possa proceder a melhorias no processo de forma incremental, elevando assim a qualidade do produto final e reduzindo os custos.

O trabalho apresenta uma contribuição na implementação e utilização dos indicadores da qualidade em conjunto com as ferramentas da qualidade para o processo de melhoria incremental das não-conformidades na gestão da produção de empresas construtoras e incorporadoras de edificações.

É certo que a gestão da qualidade focando o uso de indicadores para o rastreamento das origens desses eventos deve ser iniciada em uma etapa da obra e em seguida ajustada e aprimorada para as etapas seguintes, como também para a execução destas etapas em outros empreendimentos.

A utilização dos indicadores proposta neste estudo consiste em uma primeira tentativa de controlar o recebimento de alguns itens de matérias-primas na obra, sendo essencial que ao longo da execução da obra, quando necessário, outros itens sejam controlados e outros indicadores inseridos no processo de gestão de qualidade. Deste modo, apesar de somente ter sido abordado neste estudo a fase de construção da superestrutura em concreto armado, essa metodologia de implementação de indicadores em conjunto com as ferramentas da qualidade podem ser aplicadas a quaisquer fases da construção precedendo, inicialmente, um estudo a fim de que se possa verificar em que pontos são necessários os indicadores para o monitoramento de eventos indesejáveis.

Este procedimento resulta assim em melhorias em todas as fases construtivas, beneficiando tanto a empresa construtora com a possível redução de seus custos quanto o cliente por receber um produto com qualidade superior.

Para o aprofundamento do tema abordado nesta pesquisa, são sugeridos alguns temas para trabalhos futuros que podem vir a complementar o presente trabalho:

- Realizar um estudo de caso com uma análise sobre a eficácia da metodologia proposta em empresas construtoras.
- Desenvolver indicadores de acompanhamento de recebimento de insumos em outras etapas da edificação.
- Desenvolver indicadores para o acompanhamento dos eventos de não-conformidades ocasionados nas varias etapas da obra.
- Realizar estudos verificando o envolvimento e comprometimento da gerencia na implantação da metodologia proposta.

Referências Bibliográficas

1. ABIKO, A. K., GONÇALVES, O. M., CARDOSO, L. R. A., **O Futuro da Indústria da Construção Civil: construção habitacional**. 124p, 2005, Disponível em <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/publicacoes/sti/indbraopodesafios/coleta_nea/civil/construcao_civil.pdf > acesso em 13/03/2007.
2. AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L. de; PALIARI, J. C., ANDRADE A. C. de, **Alternativas para Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obra**. Capítulo 10, Coletânea Habitare, Disponível em <<http://habitare.infohab.org.br/pdf/publicacoes/arquivos/104.pdf>> acesso em 08/03/2007.
3. ANDRADE, F. F. de, **O Método de Melhorias PDCA**, 169 f. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
4. ASSED, J. A., ASSED, P. C., **Construção Civil: Metodologia Construtiva**. Rio de Janeiro, Editora LTC, 220p. 1988.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. ABNT, 170 p., 2003.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR ISO 9000**: Sistemas de Gestão da Qualidade – Fundamentos e vocabulário. ABNT, 26p, 2000.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR ISO 9001**: Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos. ABNT, 21 p., 2000.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR ISO 9004**: Sistemas de Gestão da Qualidade – Diretrizes para Melhorias de Desempenho. ABNT, 48 p., 2000.
9. ARAUJO, L. O. C. de, AQUINO, J. P. R. de, ROTONDARO, R. G., **Análise e Aplicabilidade das Ferramentas da Qualidade no Serviço de Fôrmas como**

- Auxílio ao Planejamento para Produção.** Disponível em <<http://otavio.pcc.usp.br/Publicacoes.htm> > acesso em 03/04/2007.
10. AZEREDO, H. A., **O edifício até sua Cobertura.** São Paulo, Editora Edgard Blucher, 1977.
 11. BASTOS FILHO, F. J. C., **Uma Proposta de Metodologia para Acompanhamento do Desempenho de Turbinas Hidráulicas Tipo Francis.** Dissertação de Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.
 12. BAUER, L. A. F., **Materiais de Construção.** Rio de Janeiro, Editora LTC, V.1 e V.2. 1999.
 13. BERTEZINI, A. L., **Métodos de Avaliação do Processo de Projeto de Arquitetura na Construção de Edifícios sob a Ótica da Gestão da Qualidade.** 193 f. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
 14. CAMPOS, V. F., **Gerência da Qualidade Total: Estratégia para Aumentar a Competitividade da Empresa Brasileira.** Belo Horizonte, MG, Bloch Ed., 187p. 1990.
 15. COLOMBO, C. R., BAZZO, W. A., **Desperdício na Construção Civil e a Questão Habitacional: Um Enfoque CTS.** 17p <<http://www.oei.es/salactsi/colombobazzo.htm> > acesso em 08/01/2007.
 16. CORTIVO, Z. D. **Aplicação do Controle Estatístico de Processo em Sequências Curtas de Produção e Análise Estatística de Processo através do Planejamento Econômico.** 163 f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
 17. COSTA, A. F., **Avaliação Processo de Gestão da Qualidade de Fornecedores.** 107 f. Dissertação de Mestrado - Taubaté-SP, 2006.

18. COSTA, D. B., et al., **Sistema de Indicadores para Benchmarking na Construção Civil**: manual de utilização. UFRGS/PPGEC/NORIE, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2005.
19. COSTA, D. B., **Diretrizes para a Concepção, Implementação e Uso de Sistema de Indicadores de Desempenho para Empresas da Construção Civil**. 174 f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2003.
20. COSTA NETO, P. L de O., **Estatística**. Edgard Blucher, 266p, 2002.
21. DEMING, W. E. **Qualidade**: A revolução da administração. Rio de Janeiro, Marques - Saraiva, 367p. 1990.
22. FALCÃO, A. S. G. **Diagnostico de Perdas e Aplicação de Ferramentas para o Controle da Qualidade e Melhoria do Processo de Produção de uma Etapa Construtiva de Edificações Habitacionais**. 179f. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2001.
23. FIGUEIREDO, D. L. M. **Diagnóstico da Implementação de Sistemas de Gestão da Qualidade em Empresas Construtoras e seus Reflexos na Gerência de Materiais de Construção**. 172 f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2006.
24. FORMOSO, C. T.; INO, A. **Inovação, Gestão da Qualidade e Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional**. Porto Alegre, ANTAC, 480p. 2003.
25. FORMOSO, C. T., et al., **As Perdas na Construção Civil**: Conceitos, Classificações e seu Papel na Melhoria do Setor. Porto Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Disponível em <<http://www.cpgec.ufrgs.br/norie/indicadores/de%20cesare.pdf>> acesso em 12/08/2006.
26. FRANCO, R. G. P., **Metodologia para Implantação da Gestão por Processos em Empresas do Setor Metal-Mecânico**. 100 f. Dissertação de Mestrado - Programa de

- Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
27. JURAN, J. M., GRZYNA, F. M., **Controle de Qualidade: Conceitos, política e filosofia da qualidade**. 4th ed., São Paulo, McGraw-Hill, 369p. 1991.
 28. KUME, H., **Métodos Estatísticos para Melhoria da Qualidade**. São Paulo, Editora Gente, 245p. 1993.
 29. LANTELME, E. M. V., **Proposta de um Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil**. 124f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 1994.
 30. MALDANER, S. M., **Procedimento para Identificação de Custos da Não-Qualidade na Construção Civil**. 132 f. Dissertação de Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
 31. MALIK, A. M., SCHIESARI, L. M., **Qualidade na Gestão Local de Serviços de Saúde**. São Paulo, Editora Fundação Petrópolis LTDA, 241p. 1998.
 32. NAVARRO, G. P., **Proposta de um Sistema de Indicadores de Desempenho para a Gestão da Produção em Empreendimentos de Edificações Residenciais**. 165f. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2005.
 33. OLIVEIRA, K. A. Z., **Desenvolvimento e Implementação de um Sistema de Indicadores no Processo de Planejamento e Controle da Produção**. 164f. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 1999.
 34. PALADINI, E. P., **Gestão da Qualidade: Teoria e Prática**. São Paulo, Atlas, 339p. 2004.
 35. PALADINI, E. P., **Avaliação Estratégica da Qualidade**. São Paulo, Atlas, 246p. 2002.

36. PIMENTEL, R. A. da S., **Modelos de Gestão: Qualidade e Produtividade**. Centro Universitário UniNilton Lins, Disponível em <<http://www.alexlocci.pro.br/MGQP.doc>> acesso em 27/01/2007.
37. QUINQUIOLO, J. M. **Avaliação da Eficácia de um Sistema de Gerenciamento para Melhorias Implantado na Área de Carroceria de uma Linha de Produção Automotiva**. 107f. Dissertação de Mestrado – Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretariado, Universidade de Taubaté, Taubaté-SP, 2002.
38. ROMANO, B. D., **Programas da Qualidade na Construção Civil do Brasil: Uma Análise sob a Ótica da Teoria Institucional**. Universidade Federal do Espírito Santo. Disponível em <http://www.fgvsp.br/iberoamerican/Papers/0410_Conf.Iberoamerican.pdf> acesso em 05/04/2007.
39. ROSSATO, I. F., **Uma Metodologia para a Análise e Solução de Problemas**. Dissertação de Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistema, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.
40. SAMOHYL, R. W., **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. Capítulo 9 – Controle Estatístico de Processo e Ferramentas da Qualidade. Disponível em <http://www.qualimetria.ufsc.br/textos_arquivos/t20053.pdf> acesso em 17/01/2007.
41. SANTOS, L. A. dos, **Diretrizes para a Elaboração de Planos da Qualidade em Empreendimentos da Construção Civil**. 319 f. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
42. SILVA, M. F. A. da, **Gerenciamento de Processos na Construção Civil: Um estudo de caso aplicado no processo de execução de paredes em gesso acartonado**. 139 f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
43. SOMMER, S. M., **Uma Metodologia para Avaliação e Melhoria do Processo de Gestão da Qualidade nas Empresas**. 174 f. Dissertação de Mestrado – Curso de

Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

44. SOUTO, R. S., **Aplicação de Princípios e Conceitos do Sistema Toyota de Produção em uma Etapa Construtiva de uma Empresa de Construção Civil**. 230 f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2000.
45. SOUZA, R. de, et al., **Qualidade na Aquisição de Materiais e Execução de Obra**. São Paulo, Pini, 275p. 1996.
46. SOUZA, V. C. M. de; RIPPER, T., **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo, Pini, 255p. 1998.
47. SOUZA, U. E. L. de; ARAÚJO, L. O. C. de, **Avaliação da Gestão de Serviços de Construção**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 11p. 08/02/2007
48. TCPO 2003 – **Tabela de Composição de Preços para Orçamentos**. Editora Pini, 2003.
49. TIFFANY, P., PETERSON, S. D., **Planejamento Estratégico**. Rio de Janeiro, Editora Campus, 386p. 1998.
50. TOLEDO, E. C., CANAVEZI, M. C., SOARES, S. L., **Diretrizes Básicas para Implantação do Controle Estatístico de Processo**. Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Minas Gerais, 10p , Disponível em <http://www.sgc.goias.gov.br/upload/links/arq_759_ContrroleAdeAprocessos.pdf> acesso em 20/10/2006
51. TOLEDO, J. C. de, **Introdução ao CEP - Controle Estatístico de Processo**. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Disponível em< <http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/CEP-ApostilaIntroducaoCEP2006.pdf> > acesso em 03/09/2006
52. VAQUELLI, J. C., **A Influência da Rugosidade de Chapas de Aço Laminada a Frio na Qualidade da Pintura de Veículos Automotores**. 69 f. Monografia de MBA

Gerência de Produção – Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretariado, Universidade de Taubaté, Taubaté-SP, 2003.

53. WERKEMA, M. C. C., **Avaliação da Qualidade de Medidas**. Belo Horizonte. Fundação Cristiano Ottoni, 1996.
54. WOMANCK, J. P.; JONIES, D. T., **A Mentalidade Enxuta nas Empresas**: Elimine o Desperdício e crie Riqueza. Rio de Janeiro, Editora Campus, 408p. 2004.
55. WOMANCK, J. P.; JONIES, D. T.; ROOS, D., **A Máquina que Mudou o Mundo**. Rio de Janeiro, Editora Campus, 339p.
56. YAZIGI, W., **A Técnica de Edificar**. São Paulo, Editora Pini, SindusCon-SP, 1998 .