

# ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS DO PROCESSO DE PREPARAÇÃO E EXECUÇÃO DE ARMADURAS DE AÇO TRADICIONAL EM RELAÇÃO AO PROCESSO DE FORNECIMENTO INDUSTRIALIZADO DE AÇO MOLDADO FORA DO CANTEIRO DE OBRAS

**Eduardo Rocha Praça**

Universidade Federal do Ceará - Rua João Cordeiro, 150 - Ap. 301 - 60.110.300 - Fortaleza/CE - Brasil  
(engedupraca@secrel.com.br)

**José de Paula Barros Neto**

Universidade Federal do Ceará - Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil - Centro de Tecnologia - Bloco 710 - Campus do Pici - Fortaleza/CE - Brasil (jpbarros@ufc.br)

## ABSTRACT

*Analyzing the most significant wastes in the construction industry, it is observed that the structural steel occupies a distinction place among civil construction materials with a high waste verified.*

*Worried about to decrease the high level of waste in structural steel industry, the principal purpose of this paper it is to present a cost comparative study between traditional and industrialized form to prepare structural steel.*

*After visiting some construction job sites, talking to engineers and observing the new process, it were elaborated cost unitary compositions of these two systems, considering labor, materials and other expenses parameters.*

*In the industrialized system it is possible to eliminate activities that do not aggregate value. This fact affords significant space gain, reduction of the waste generation, reduction of accidents and implementation of the use of machines and tools. The costs difference founded 19 % favorable to industrialized system, by itself, it is enough representative. But, when these results are extrapolated to complete construction building or a budget, it is observed that the utilization of this constructive method reduces the total cost around 1,5%.*

KEYWORDS : *Waste, structural steel, building industry*

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as questões referentes à política da qualidade têm ocupado espaço significativo nos debates do meio profissional da construção civil. Verifica-se freqüentemente nas discussões ocorridas a constante preocupação da comunidade técnica com a ocorrência de perdas em todo o processo de produção da edificação, sejam elas de materiais, mão-de-obra ou equipamentos.

Tal fato decorre da impossibilidade de se conviver atualmente em um ambiente extremamente competitivo, com índices de perdas tão elevados. Desta forma, a construção civil vem sofrendo mudanças, procurando se adaptar ao novo contexto comercial em vigor.

Cada vez mais a redução de despesas e a racionalização dos processos produtivos estão provocando a busca crescente da eliminação de gastos desnecessários. É neste panorama de avanços tecnológicos que as empresas construtoras acostumadas com a morosidade e ineficiência passaram a conviver.

Inseridas neste ambiente, as empreiteiras se viram forçadas a reduzir os custos de seus produtos, partindo para alternativas que demandam criatividade, empenho e busca do conhecimento.

Analisando os maiores desperdícios nas obras de construção, LOPES (1992) observa que o aço estrutural ocupa lugar de destaque dentre os insumos que apresentam elevada intensidade de perda verificada. Por incrível que possa parecer, ainda hoje é bastante razoável para as construtoras aceitar uma perda de 15 % do aço estrutural. Quando ainda na fase de estudo preliminar orçamentário de uma obra, este percentual é amplamente utilizado para compensar os desperdícios e, obviamente, são embutidos no custo de produção.

Claramente, percebe-se que isto se trata de um processo irracional, bastando para tanto, analisar a forma de manuseio das armaduras das peças de concreto armado das edificações. O material que chega ao canteiro de obras é fornecido aos profissionais responsáveis, no caso os armadores, sem qualquer orientação que o moldam, sem que haja qualquer preocupação com o planejamento desta etapa, visto que envolve operações de corte e dobramento de barras em tamanhos diversos.

O resultado é uma enorme pilha de barras de aço retorcidas e enferrujadas aguardando para serem recolhidas e transportadas para depósitos ou sucatas a um custo altíssimo, ocupando grandes espaços nos canteiros de obras, fruto de uma atividade artesanal, de difícil quantificação financeira, totalmente desprovida de organização e sequenciamento lógico.

## **2. OBJETIVOS**

Com a preocupação de diminuir os vultosos gastos com o desperdício do aço estrutural através de uma nova alternativa, é objetivo principal deste trabalho realizar um estudo comparativo de custos entre a maneira tradicional de armazenamento, corte, dobra e bota-fora de aço, normalmente vistos em nossas construções tradicionais, em relação a um processo industrializado de fornecimento otimizado de barras moldadas fora da obra.

Espera-se assim obter um valor de custo representativo de todo o processo, capaz de servir como referencial para a tomada de decisão final. É bastante razoável acreditar que o método otimizado resulte em custos inferiores, já que é calcado em um ideal inovador de planejamento, enfatizando principalmente a eliminação de atividades não agregadoras de valor que propiciariam um melhor aproveitamento de mão-de-obra, tendo em vista que resultados satisfatórios foram obtidos na racionalização de outros processos produtivos como execução de alvenaria e de formas.

## **3. MÉTODO DE PESQUISA**

Como o sistema de fornecimento industrializado de barras moldadas é relativamente recente, praticamente inexistente bibliografia sobre o assunto. Partiu-se então, para a visitação de obras que já utilizavam este sistema. A obra escolhida foi a Construção do Metrô de Fortaleza (METROFOR). Na visita ao canteiro de obras, em companhia do engenheiro de campo, pôde-se ter um primeiro contato com o novo método construtivo.

Em seguida, buscou-se informações com o diretor de planejamento da empresa a respeito da viabilidade técnica e financeira do método em questão. Após suas explicações,

foi marcada uma visita a empresa responsável pelo serviço de fornecimento de barras moldadas.

Durante a visita, foi apresentada uma ampla explicação de como todo o processo funcionava. Em companhia de técnicos, cada etapa foi mostrada, possibilitando a visualização do funcionamento do sistema.

Para a formação do senso crítico, foram visitadas ainda, outras três obras que utilizavam o sistema tradicional de corte e dobra de barras no canteiro de obras. Assim, conseguiu-se reunir informações que possibilitaram o estudo comparativo dos dois sistemas.

O estudo comparativo foi feito através da montagem das planilhas orçamentárias de composições unitárias dos dois sistemas. Os dados coletados, bem como os parâmetros usados para este fim foram oriundos de publicações amplamente conhecidas no meio técnico local, garantindo assim a confiabilidade dos resultados obtidos.

#### 4. SISTEMA TRADICIONAL DE EXECUÇÃO DE ARMADURAS

Sua característica básica é o corte e a dobra do aço realizados dentro da área do canteiro de obras, ocupando grande espaço físico, produzindo uma significativa quantidade de barras não aproveitadas que se constituem em perdas de materiais e podem provocar acidentes para os funcionários. Outra característica marcante deste método é a quantidade excessiva de operações de transporte, armazenamento e inspeções inerentes ao sistema, gerando consideráveis perdas de mão-de-obra ao longo de todo o processo, tendo em vista que estas não agregam valor ao produto final, conforme mostrado no fluxograma de atividades de uma construtora de Fortaleza/CE da Figura 1.

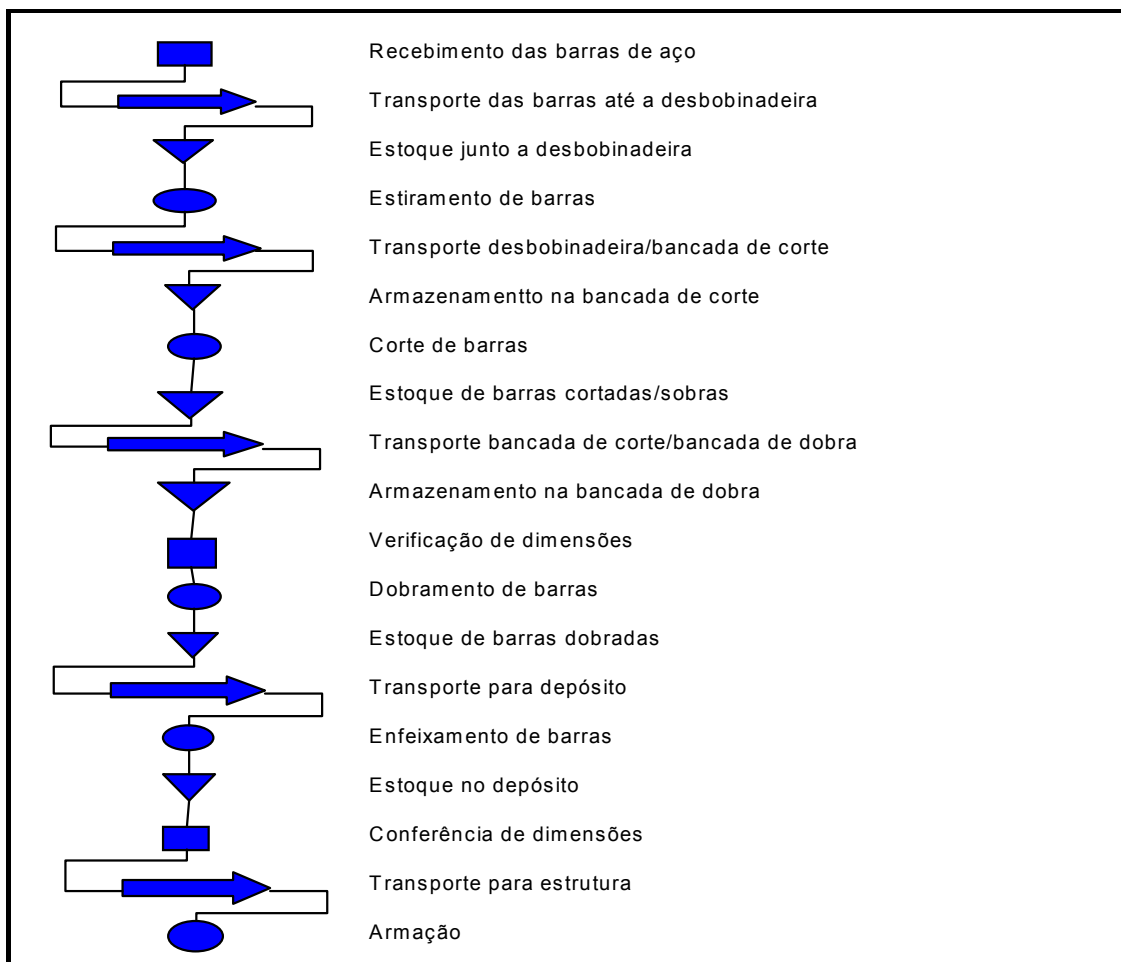


Figura 1 : Fluxograma do processo de execução de armaduras no sistema tradicional.

## 5. SISTEMA INDUSTRIALIZADO DE FORNECIMENTO DE BARRAS MOLDADAS

Neste tópico, é abordado o sistema Gerdau Armafer, que consiste no fornecimento de barras de aço cortadas e dobradas para concreto armado fora do canteiro de obras. Deste modo, as etapas de preparação das armaduras executadas de maneira quase que artesanal nos canteiros, tornam-se industrializadas e são executadas em uma empresa especializada para este fim. Os projetos são apresentados pela construtora à empresa que em seguida, procede os estudos para se chegar a melhor solução a ser adotada.

A informação inicial para desencadear o processo é a listagem das barras com seus comprimentos e formatos que pode ser extraída via disquete ou e-mail do projeto de cálculo estrutural. Outro dado que a empresa precisa passar é o cronograma de necessidades daquela armadura. A partir daí, o processo interno é controlado inteiramente por engenheiros e técnicos especializados que iniciam os estudos para fornecer o material requisitado dentro do prazo. Neste método, as bancadas para preparação das armações são totalmente abolidas, bem como são eliminadas diversas atividades de transporte, armazenamento e inspeção que freqüentemente ocorriam entre uma bancada e outra.

A necessidade de utilização da mão-de-obra também é bastante reduzida, pois os armadores não mais precisam manusear, cortar e moldar vergalhões longos de aço enquanto que os ajudantes, por sua vez, tratam apenas de levar os feixes ao local de armação. Assim, consegue-se uma maior racionalização do processo, propiciando uma maior especialização dos profissionais que passam a realizar basicamente apenas uma única tarefa, como pode ser visto na Figura 2.

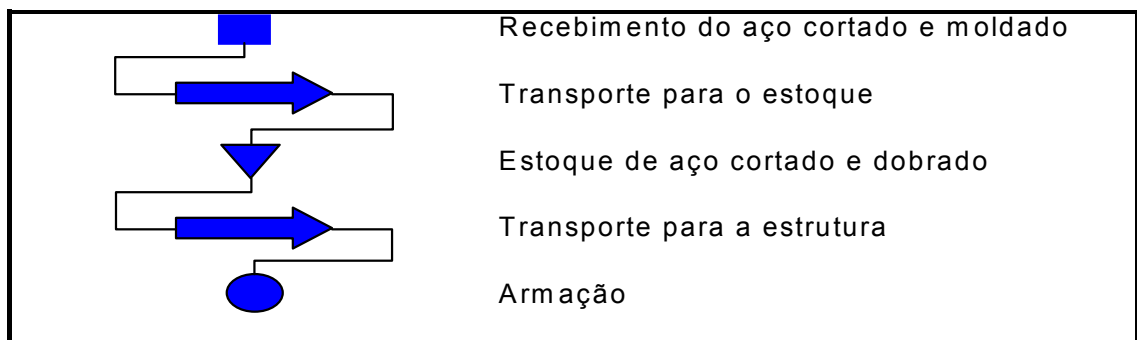


Figura 2 : Fluxograma do sistema industrializado de fornecimento de armaduras moldadas

Parece estar bem claro que o sistema industrializado de fornecimento de barras cortadas e dobradas por uma empresa pode ser viável para as construtoras. Porém, este sistema isenta totalmente a empreiteira do controle do ritmo de execução necessário para o acompanhamento do cronograma existente. Assim sendo, qualquer discussão sobre vantagens técnicas e econômicas deste método, somente podem ser feitas a partir do estabelecimento de uma relação forte e sólida de parceria entre o fornecedor e seu cliente. Desta forma, pretende-se evitar que a construtora seja prejudicada por atrasos na entrega do aço, pois, optando por este sistema, a mesma torna-se fortemente dependente da pontualidade e da responsabilidade de seu fornecedor.

Em termos ambientais, o sistema industrializado de corte e dobra de armaduras diminui drasticamente a quantidade de sobras de aço, reduzindo a totalidade de entulho gerado pelas obras. Cada vez mais é preocupação do Poder Público e da sociedade o

destino final de rejeitos industriais e as suas conseqüências. Esta solução vem, portanto, colaborar com a melhoria da qualidade de vida nos grandes centros urbanos.

## 6. ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS

Para conseguir estabelecer parâmetros realistas de custos relacionados aos sistemas estudados de corte e dobra de aço procede-se a quantificação financeira dos serviços através da elaboração de composições orçamentárias de cada um dos métodos. Os recursos são divididos em três grupos: mão-de-obra, materiais e diversos. A unidade comum de referência é o quilograma de aço totalmente executado, aguardando apenas a concretagem.

### 6.1. Consumo de mão-de-obra

Basicamente, os operários envolvidos no serviço de execução de armaduras, independentemente do método, são os armadores e seus ajudantes, no qual a unidade de medição é a hora trabalhada. Segundo a TCPO 10, o consumo de horas dos dois trabalhadores por Kg de armadura está apresentado nas Tabelas 6.1 e 6.2.

TABELA 6.1 : CONSUMO DE MÃO-DE-OBRA POR KG DE ARMADURA NO SISTEMA TRADICIONAL

SISTEMA TRADICIONAL DE CORTE E DOBRA DE BARRAS		
RECURSO	UNIDADE	CONSUMO
AJUDANTE	h	0,1000
ARMADOR	h	0,1000

Fonte : TCPO 10

TABELA 6.2 : CONSUMO DE MÃO-DE-OBRA POR KG DE ARMADURA NO SISTEMA INDUSTRIALIZADO.

SISTEMA DE FORNECIMENTO DE BARRAS MOLDADAS FORA DO CANTEIRO		
RECURSO	UNIDADE	CONSUMO
AJUDANTE	h	0,0600
ARMADOR	h	0,0600

Fonte: TCPO 10

### 6.2 Consumo de materiais

Os materiais necessários à execução de armaduras de concreto armado são unicamente o arame galvanizado n. 18 e as barras de aço CA-50. De acordo com a TCPO 10, o consumo de arame galvanizado é o mesmo para os dois sistemas, porém, o consumo de aço se torna bem diferente dependendo da forma de aquisição. A unidade de valor é o Kg de aço ou arame galvanizado adquirido. Os valores de consumo estão dispostos na Tabela 6.3.

TABELA 6.3 : CONSUMO DE MATERIAIS POR KG DE ARMADURA

SISTEMAS TRADICIONAL E INDUSTRIALIZADO		
MATERIAL	UNIDADE	CONSUMO
ARAME GALVANIZADO 18	Kg	0,0300
AÇO CA-50 (12,5 a 25,0 mm) EM VERGALHÕES	Kg	1,1500
AÇO CA-50 (12,5 a 25,0 mm) CORTADO E DOBRADO	Kg	1,0000

Fonte: TCPO 10

### 6.3 Consumo de recursos diversos

Além de mão-de-obra e materiais, são considerados neste trabalho os custos relacionados a refeições e vales-transporte. Seus consumos são obtidos através do cálculo da produtividade média diária, utilizando o consumo de horas de armadores e ajudantes. Já os custos de equipamentos são obtidos calculando-se a produtividade média das máquinas.

### 6.3 Composições unitárias

Em seguida, são mostradas as planilhas de composições unitárias dos dois sistemas, usando-se os preços de mercado coletados em Fortaleza/CE.

#### a) SISTEMA TRADICIONAL

RECURSO	UNIDADE	CONSUMO	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
<b>MÃO-DE-OBRA</b>				<b>0,25</b>
Ajudante	h	0,1000	0,94	0,09
Armador	h	0,1000	1,59	0,16
<b>MATERIAIS</b>				<b>1,17</b>
Arame galvanizado 18	Kg	0,0300	2,70	0,08
Aço CA-50 (12,5 a 25,0 mm) em vergalhões	Kg	1,1500	0,95	1,09
<b>DIVERSOS</b>				<b>0,21</b>
Refeição (café e almoço)	unidade	0,0227	3,00	0,07
Vale-transporte	unidade	0,0455	1,00	0,05
Máquina de cortar ferro até 1"	h	0,0157	1,66	0,03
Máquina de desentortar ferro 3/8"	h	0,0157	0,73	0,01
Dobradora de ferro até 1"	h	0,0157	3,16	0,05
ENCARGOS DE MÃO-DE-OBRA	%	124,00	0,25	<b>0,31</b>
<b>TOTAL DA COMPOSIÇÃO</b>				<b>1,94</b>

Fonte : TCPO 10 e Revista Informa Custos – Ano II, n. 13, Janeiro/2001

#### b) SISTEMA INDUSTRIALIZADO DE FORNECIMENTO DE BARRAS MOLDADAS

SERVIÇO : Armadura CA-50 média			UNIDADE : Kg	
RECURSO	UNIDADE	CONSUMO	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	PREÇO TOTAL (R\$)
<b>MÃO-DE-OBRA</b>				<b>0,16</b>
Ajudante	h	0,0600	0,94	0,06
Armador	h	0,0600	1,59	0,10
<b>MATERIAIS</b>				<b>1,20</b>
Arame galvanizado 18	Kg	0,0300	2,70	0,08
Aço CA-50 (12,5 a 25,0 mm) em vergalhões	Kg	1,0000	1,12	1,12
<b>DIVERSOS</b>				<b>0,07</b>
Refeição (café e almoço)	unidade	0,0136	3,00	0,04
Vale-transporte	unidade	0,0272	1,00	0,03
Máquina de cortar ferro até 1"	h	0,0000	1,66	0,00
Máquina de desentortar ferro 3/8"	h	0,0000	0,73	0,00
Dobradora de ferro até 1"	h	0,0000	3,16	0,00
ENCARGOS DE MÃO-DE-OBRA	%	124,00	0,16	<b>0,20</b>
<b>TOTAL DA COMPOSIÇÃO</b>				<b>1,63</b>

Fonte : TCPO 10 e Revista Informa Custos – Ano II, n. 13, Janeiro/2001

Desta forma, percebe-se que a diferença entre os dois serviços é bastante significativa, pois o sistema tradicional apresenta um custo unitário de R\$ 1,94 por Kg de aço, enquanto o sistema industrializado de fornecimento de barras possui um custo unitário de R\$ 1,63 por kg de aço, portanto uma diferença de R\$ 0,31 em cada Kg de aço. Em termos percentuais, esta diferença representa uma economia de 19 %.

Tomando-se por exemplo os valores médios das características das 12 obras analisadas na “Pesquisa Nacional de Alternativas para a Redução de Desperdícios de Materiais nos Canteiros de Obras”, idealizou-se uma edificação fictícia com 15 pavimentos, perfazendo uma área total de 5.880,71 m<sup>2</sup> e com um consumo de 77.209,51 Kg de aço.

Considerando que este se trata de um edifício residencial, apresentando padrão normal com 3 quartos, elevador, 15 pavimentos de 392,05 m<sup>2</sup> e CUB fevereiro/2.001 de R\$ 365,02/m<sup>2</sup>, segundo o SINDUSCON/CE, estima-se que o seu custo total é de R\$ 2.146.591,30. Assumindo que serão utilizados 77.209,51 Kg de aço neste edifício, e que o sistema industrializado de corte e dobra de aço propicia uma redução de R\$ 0,31 por Kg de aço, calcula-se que o valor da economia é de R\$ 23.934,95, ou seja, 1,12 % do custo total da edificação.

Esta afirmação é reforçada ao se examinar as tabelas de preços de alguns órgãos públicos locais. O Governo do Estado do Ceará e a Prefeitura Municipal de Caucaia, por exemplo, utilizam, em seus orçamentos de edificações, a tabela de preços do Departamento de Edificações, Rodovias e Transportes do Ceará (DERT-CE). Assim, o preço unitário apresentado para o serviço de execução de armaduras do modo tradicional é de R\$ 2,20 por Kg de aço, enquanto que o preço unitário para o serviço de execução de armaduras com corte e dobra industrializados é de R\$ 1,71 por Kg de aço. É válido salientar que nestes preços já está inclusa a Bonificação de Despesas Indiretas (BDI).

Desta forma, percebe-se que a execução de armaduras com corte e dobra industrializados reduz em R\$ 0,49 o preço de cada Kg de aço nos orçamentos públicos. Na licitação para a Construção do Presídio de Segurança Máxima do Ceará, o projeto demanda um total de 380.743,75 Kg de aço, sendo orçado em R\$ 10.047.870,00. Caso fosse previsto em orçamento o uso de armaduras com corte e dobra industrializados, haveria uma economia para o Erário Estadual de R\$ 186.564,43, o que representa 1,86 % do custo global da obra.

## **6. CONCLUSÃO**

A metodologia proposta permite visualizar os dois sistemas construtivos distintos e ainda quantificar financeiramente o valor de custo de cada um, podendo ser aplicada nas mais diversas situações e diferentes métodos construtivos, tais como: alvenaria, formas, revestimento e outros. Os resultados apresentados já estão refletindo em melhoria nas obras visitadas, mostrando ser uma metodologia viável e facilmente aplicável, gerando subsídios para a melhoria do panorama do setor.

O estudo comparativo de custos entre os dois métodos revela que o sistema industrializado de fornecimento de barras cortadas e dobradas é bastante vantajoso para as empresas. A diferença encontrada de 19 % a favor do sistema industrializado por si só já seria bastante representativa. Porém, quando se extrapola este valor para toda uma obra ou para um orçamento, percebe-se que a utilização deste método construtivo reduz o custo total em cerca de 1,5%, conforme a média aproximada dos exemplos citados. Este percentual calculado, obtido no sistema industrializado de fornecimento de barras moldadas, pode parecer pouco significativo, porém, deve-se lembrar que estas economias são decorrentes somente da mudança de um método construtivo que pode ser simplesmente

implantado na obra, dispensando qualquer investimento tecnológico, treinamento ou execução de planejamento mais elaborado, justificando assim plenamente a sua efetivação.

Economicamente, os benefícios proporcionados pelo método industrializado são bem relevantes. Primeiramente, observa-se a completa eliminação das perdas por corte, como também da possibilidade de extravios de barras, representando uma economia de cerca de 10 % do aço comprado.

Como a moldagem é feita em parceria com a usina, pode-se muitas vezes alterar o comprimento tradicional das barras que é de 12 m para comprimentos maiores. Esta solução gera uma notável economia de aço em armação de peças compridas, pois não há a necessidade de se duplicar a armadura na região onde haveria traspasse. Um exemplo desta economia, pode ser observado nas paredes do túnel da obra de construção do Metrô de Fortaleza, conforme depoimentos de técnicos responsáveis pelo planejamento da obra.

Em relação ao fluxo de caixa, evidencia-se a diminuição do capital de giro empregado, pois não há a necessidade de se usar, de imediato, recursos financeiros para pagar o aço bruto e a mão-de-obra utilizada para moldá-lo.

Com relação a outros benefícios inerentes ao sistema industrializado, destaca-se:

- \* Ganho de espaço nos canteiros de obras proporcionado pela completa eliminação de bancadas de corte e dobra;

- \* Formação de um ambiente mais limpo, organizado e seguro, em decorrência da diminuição da quantidade de entulhos gerados provocada pela inexistência de sobras;

- \* Diminuição do número de acidentes de trabalho;

- \* Redução do uso de ferramentas e equipamentos para trabalhar o aço;

- \* Simplificação do gerenciamento do serviço de execução de armaduras provocada pela eliminação de 14 tarefas presentes no sistema tradicional;

- \* Diminuição em 40 % da mão-de-obra utilizada no sistema tradicional;

- \* Garantia de uma maior qualidade do serviço, já que a fornecedora detém equipamentos de precisão bem superiores àqueles encontrados nos canteiros;

Entretanto, deve-se ter em mente que como a grande maioria dos sistemas construtivos que otimizam processos produtivos através da racionalização de mão-de-obra, o método industrializado de fornecimento de barras moldadas gera uma considerável redução de vagas na profissão de armadores e ajudantes tendo em vista a eliminação de diversas atividades nos canteiros de obras, provocando repercussões relacionadas a desemprego no setor da construção civil.

Antes de se comemorar os resultados obtidos, é primordial a discussão de alternativas para a alocação desta contingente de trabalhadores no desenvolvimento de outros processos construtivos, evitando assim que conquistas tecnológicas se transformem em sinônimo de catástrofes sociais.

## **7. BIBLIOGRAFIA**

LOPES, A.L.M. **Uma investigação sobre as curvas ABC na construção civil – análise de orçamentos de obras**. Florianópolis, UFSC, 1992. Dissertação de Mestrado

REVISTA INFORMA CUSTOS. SENGE-CE, Ano II, n. 13, janeiro/2001.

PINI. **TCPO 10: Tabelas de composições de preços para orçamentos**. São Paulo: PINI, 1996.

AGOPYAN, V. et.al. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras**. São Paulo, PCC/EPUSP, 1998 (Relatório final).