

ÍNDICE

<u>ITEM</u>	<u>DESCRIÇÃO</u>	<u>PÁGINA</u>
1.	INTRODUÇÃO	5
2.	METODOLOGIA	8
3.	ESTUDO DO PROBLEMA	10
3.1	CRONOGRAMA.....	10
3.2	CUSTO	14
3.3	MÃO DE OBRA.....	14
3.4	SEGURANÇA	15
3.5	ATRIBUTOS DO SITE	15
3.6	REQUISITOS DE TRANSPORTE E IÇAMENTO DE CARGA.....	16
4.	MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE	19
4.1	MEIO AMBIENTE.....	19
4.2	CONCRETO	19
4.3	TRANSPORTE.....	20
4.4	MÃO DE OBRA.....	21
5.	REDUÇÃO DA EMISSÃO DE GÁS CARBÔNICO NO TRANSPORTE	22
6.	CONCLUSÕES	24
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Construtibilidade - Capacidade de Influenciar no custo final do projeto (WRIGHT, 1994).	7
Figura 2: Cronograma de Execução – Comparativo. Fonte: Confidencial.....	11
Figura 3: Sequencia de Montagem – Espessador de Rejeitos.....	14
Figura 4: Croqui esquemático. Fonte: Confidencial.....	16

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Dimensões Máximas Permitidas	17
Tabela 2: Pesos Máximos Permitidos para Veículos Especiais	17
Tabela 3: Dimensionamento de peças do espessador para pré-moldagem	18
Tabela 4: Pilares e vigas do espessador.....	18
Tabela 5: Número de atividades de transporte por tipo de veículo	22
Tabela 6: Capacidade de transporte por veículo por insumo	22
Tabela 7: Número de viagens - Comparação.....	23
Tabela 8: Emissão de CO2 na atividade de transporte - Comparação	23

RESUMO

Este estudo de caso teve como objetivo a aferição e indicação de ganhos em sustentabilidade na aplicação de uma metodologia de execução industrializada em detrimento à metodologia convencional de execução de estruturas de concreto armado na região metropolitana de Belo Horizonte. Esta análise foi feita com base em um trade-off realizado em empresa privada do setor de mineração durante a fase de planejamento da implantação do projeto de uma planta de beneficiamento de minério na região metropolitana de Belo Horizonte. O trade-off realizado visava a redução de custos, prazo e riscos relacionados a acidentes de trabalho, sem identificar ganhos relacionados a sustentabilidade, acrescidos então neste trabalho. Os custos e dados específicos do projeto foram omitidos por questões de confidencialidade. Como resultado, foram encontradas diversas vantagens na utilização de peças pré-moldadas e a capacidade de atendimento do mercado da região metropolitana mineira. Foi calculado o volume de CO₂ emitido para transporte de peças e insumos por ambos os métodos, o que indicou uma economia de 26 % no caso do transporte de peças pré-moldadas. Foram também indicados os ganhos relacionados à diminuição de perdas e redução de infraestrutura necessária para mão de obra alocada. Conclui-se que, dentro de empresas privadas, o fator sustentabilidade deve ser associado a ganhos materiais para o empreendedor no momento de definição do método construtivo de estruturas elevadas de concreto, agregando não só valor econômico, como valor ambiental ao projeto e reforçando o compromisso com tema em ambientes corporativos.

Palavras Chave: Industrialização, concreto pré-moldado, sustentabilidade.

ABSTRACT

This case was described to measure and indicate profits related to sustainability due to the application of constructability and industrialization analyzes, compared to usual methods of construction in Belo Horizonte metropolitan region. This comparison was made based in a trade-off executed by the client company in order to reduce costs, construction period and health and safety risks, without consider the environment results of this choice added on this study. Data used to the

study was mostly confidential. As result, many advantages were computed to the trade-off related to sustainability and use of pre-cast concrete, inserted in the region where it was studied. The amount of CO2 released for transportation was reduced in 26 % with the industrialized construction method. Waist reduction and additional infrastructure needed were gains also described as advantages to the industrialized construction method. The conclusion, when associated to project management inside big companies, is that, sustainability advantages should be added to costs analyzes to measure and reinforce the environment protection feeling recently inputted into construction sector and corporations.

Key words: Industrialization, pre-cast concrete, sustainability.

1. INTRODUÇÃO

A alta demanda de infraestrutura e parque industrial, principalmente nos países chamados emergentes, aliada a falta de mão de obra especializada, riscos de acidentes de trabalho, alto custo de contratação e todas as dificuldades associadas à manutenção de grandes contingentes para empreendimentos de grande porte, traz uma progressiva busca de racionalização dos processos construtivos, visando ao aumento da produtividade e à redução de mão de obra para construção.

A sustentabilidade tem início no desenvolvimento do projeto de um empreendimento e é de extrema importância que adoção de um determinado sistema construtivo ocorra nesta etapa e em especial dos sistemas industrializados, que requerem mais planejamento evitando quebra da produtividade durante a execução. Os ganhos contemplam a redução do cronograma da obra, garantia de qualidade, maior vida útil das estruturas, além da dispensa do uso de escoramentos, entre outros dados. A pauta de sustentabilidade, aliás, deve ser considerada desde os estudos preliminares da arquitetura, passando pela construção e indo até a operação do empreendimento. Falar em sustentabilidade passa, obrigatoriamente, pelo entendimento de que há um sistema construtivo mais adequado para cada empreendimento, independente de ele ser habitacional, comercial, de infraestrutura ou industrial. Disponível em <<http://www.aecweb.com.br/artigo/comunidade/5833/iria-doniak/iria-doniak.html>, acesso em 16/08/2012>. Acesso em: 07/08/2012.

A utilização de concreto pré-moldado apresenta características que vão de encontro às necessidades do mercado supracitadas dependendo das seguintes variáveis: custos de transporte, dimensões das peças, formas, estratégia de canteiros de obras, tempo disponível para execução, capacidade produtiva da região, equipamentos disponíveis, controle tecnológico e qualidade. O concreto pré-moldado é descrito pelo site Portal do Concreto como:

“Uma estrutura feita em concreto pré-moldado é aquela em que os elementos estruturais, como pilares, vigas, lajes e outros, são moldados e

*adquirem certo grau de resistência, antes do seu posicionamento definitivo na estrutura. Por este motivo, este conjunto de peças é também conhecido pelo nome de estrutura pré-fabricada.” Disponível em <
(<http://www.portaldoconcreto.com.br>> Acesso em: 07/08/2012).*

Paralelamente às demandas do mercado, temos a corrente da sustentabilidade se inserindo no mercado da construção com bastante força principalmente no setor urbano em unidades residenciais e comerciais, para onde o lançamento relativamente recente de selos de certificação foi direcionado e hoje atinge desde empreendimentos de alto padrão até unidades habitacionais de baixa renda. Construções sustentáveis, segundo BAUER (2009) utilizam eco materiais e soluções inteligentes, promovem a redução da poluição, o bom uso e economia de água e de energia, seja no processo produtivo, ocupação, e por fim, geram conforto aos usuários ocasionando o menor impacto da edificação no meio ambiente durante sua utilização e desmonte pós-uso.

Em empreendimentos de grande porte, nota-se a implantação de medidas voltadas para o tema conservação do meio ambiente pela divulgação de políticas de responsabilidade ambiental e desenvolvimento sustentável nos sites das principais empresas de porte e que executam hoje boa parte destes empreendimentos, por exemplo, CNO, Camargo Correia, Andrade Gutierrez, entre outras. Assim como as empresas responsáveis pela execução, as contratantes destes empreendimentos também possuem suas normas e políticas voltadas ao tema de uma forma até mais contundente já que estão à frente dos projetos são os responsáveis diretos pelos seus impactos.

O terceiro elemento que participa da configuração final das edificações em empreendimentos de grande porte são as empresas projetistas. Com um menor poder de decisão no fluxo de desenvolvimento, este setor depende da aceitação novas soluções voltadas à conservação do meio ambiente pelo cliente. Durante a fase de planejamento da construção, uma boa integração entre todas estas esferas alinhadas com objetivo real de conservação é aspecto chave para geração de novas soluções.

Uma solução que pode ter impactos positivos é o método de análise de construtibilidade para planejamento da implantação, desenvolvido pelo Construction Industry Institute (CII) sediado em Austin, Texas. A metodologia é definida pelo próprio CII (WRIGHT, E. 1994, apud, CII 1986) como: “A excelência no uso de conhecimento de construção e experiência em planejamento, engenharia, suprimentos e operação para atingir todos os objetivos do projeto”. Apesar de o foco da metodologia ser a redução de custo e prazo na construção, acaba por consequentemente reduzir impactos ao meio ambiente pela consequente racionalização de recursos.

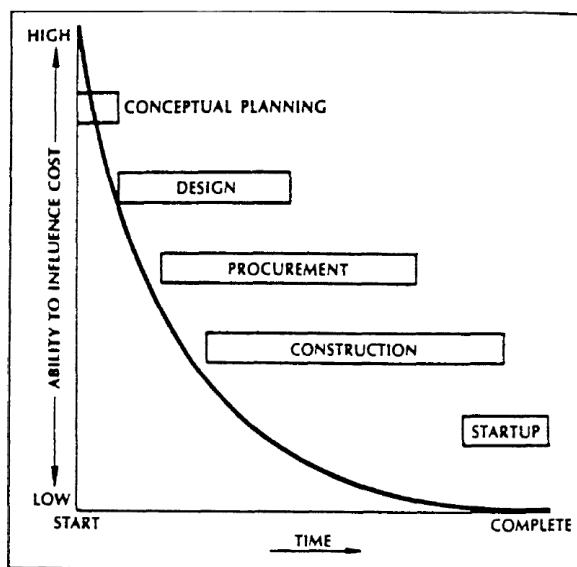


Figura 1: Construtibilidade - Capacidade de Influenciar no custo final do projeto (WRIGHT, 1994).

Este trabalho visa, a partir destes conceitos de construtibilidade, analisar com mais detalhes qual é o ganho em sustentabilidade na definição de uma metodologia construtiva industrializada frente ao método convencional e qual a sua representatividade no todo do mercado da construção civil. Especificamente, visa analisar a construção de uma edificação comum em uma planta de beneficiamento de minério de ferro, o espessador de rejeito.

2. METODOLOGIA

Impacto Ambiental

Além do custo de implantação, as alternativas serão avaliadas quanto a seu impacto ambiental. Esta análise será feita através de metodologia própria de estimativas de utilização de insumos e atividades necessárias à execução da obra. Não será possível aferir com precisão as economias decorrentes da escolha de um método em detrimento ao outro, isto pela impossibilidade de acompanhamento de uma obra com características semelhantes à analisada.

Transporte:

O consumo de combustível pelo transporte de insumos ou peças pré-fabricadas será baseado em índices de densidade médios apresentados ao longo do trabalho. A premissa básica de fornecimento é: Insumos e peças pré-fabricadas serão transportadas de Belo Horizonte a Itabirito para execução da obra. Este consumo de combustível será posteriormente transformado em emissão relativa de CO₂.

Perdas e Desperdício:

Os volumes de perdas calculados neste trabalho serão baseados em índices medidos no mercado, apresentados em teses relacionadas e também, nos índices inseridos nas composições utilizadas para o planejamento e orçamentação do empreendimento. A eliminação de perdas e desperdícios tem clara e indiscutível ligação com a sustentabilidade, com analogia inclusive, às nossas atividades do dia a dia.

Mão de Obra

A análise de impacto ambiental referente à mão de obra será feita de forma apenas de forma qualitativa. Um grande número de funcionários em empreendimentos de grande porte demanda a construção de alojamentos e uma

grande mudança de hábitos nas cidades vizinhas ou que são sedes para estas obras. Sendo assim, serão citadas publicações que avaliaram estes fatores para indicar vantagens e desvantagens de cada metodologia.

3. ESTUDO DO PROBLEMA

A obra analisada consiste na construção de quatro (04) prédios industriais para espessamento de rejeito e de concentrado da produção de minério de ferro em uma Instalação de Tratamento de Minério (ITM) na região metropolitana de Belo Horizonte. Estes edifícios são parte de um projeto em andamento e ainda em desenvolvimento que no total, lançará cento e quarenta (140) mil m³ de concreto. Pelo alto volume de concreto lançado e mão de obra prevista, a empresa contratante aplicou uma análise de construtibilidade.

A escolha por uma obra com alto grau de industrialização deve se pautar em uma série de fatores que podem indicar até qual ponto é vantajoso utilizar elementos pré-fabricados ou pré-moldados. O CII apresenta em sua metodologia, a ferramenta “*CII Strategic Decision Tool for PPMOF*”, ou, Estratégias de industrialização na construção (Pré-Fabricação, Pré-Montagem, Modularização e Fabricação Off Site). Esta ferramenta auxilia a tomada de decisão ao analisar:

- Cronograma;
- Custo;
- Mão de Obra;
- Segurança;
- Atributos do Site e mercado;
- Requisitos de Transporte e Içamento de carga.

Para cada uma destas variáveis, são questionados pontos comumente identificados como gargalos ou incentivadores da industrialização.

3.1 Cronograma

Considerando que o projeto detalhado das soluções de engenharia seja elaborado com antecedência, o cronograma de execução do edifício em concreto pré-moldado traria uma redução de 50% no cronograma da obra. As fundações consideradas são em Radier.

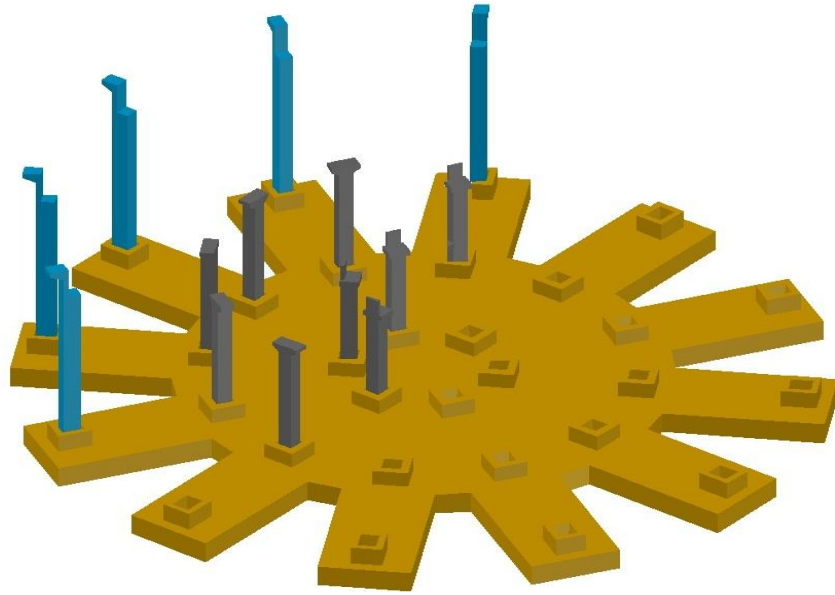
Cronograma de Produção e Montagem Espessador - Comparativo										
Item	Descrição	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
PLANEJADO										
Espressor Convencional										
1	Fundação	█	█							
2	Pilares	█	█	█						
3	Laje	█	█	█	█	█	█			
4	Pilar 100							█		
5	Paredes							█	█	█
PLANEJADO										
Espressor Pré-moldado										
1	Fundação	█	█							
2	Montagem dos pré moldados	█	█	█	█					
3	Acabamentos da estrutura pré-moldada	█	█	█	█					
4	Capecamento laje			█	█	█				
5	Laje pilar				█	█				
6	Pré-armação pilar + montagem				█	█				
7	Forma pilar (pré-forma + montagem)				█	█				
8	Concretagem Pilares					█	█			

Figura 2: Cronograma de Execução – Comparativo. Fonte: Confidencial.

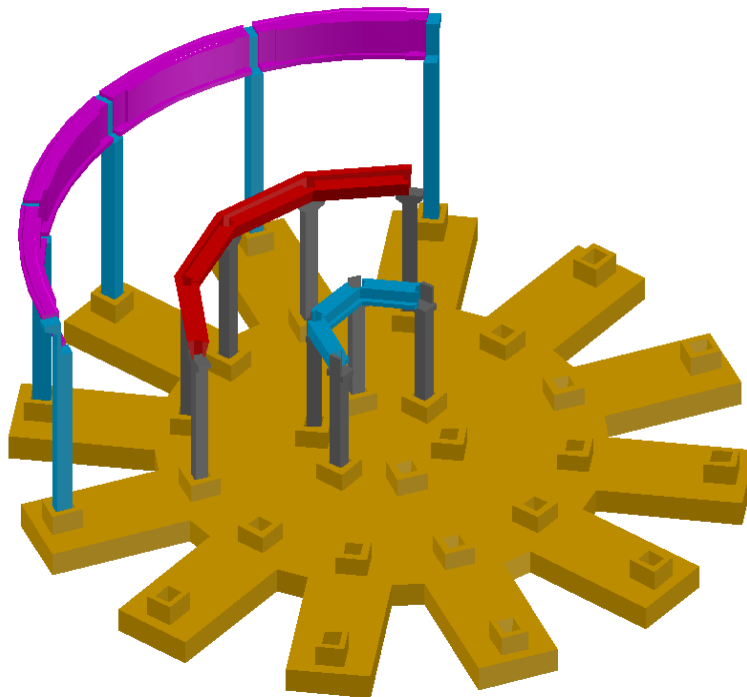
Este planejamento apresentado considera a implantação de apenas um dos espessadores planejados e as seguintes etapas de montagem no caso da utilização de peças pré-moldadas:



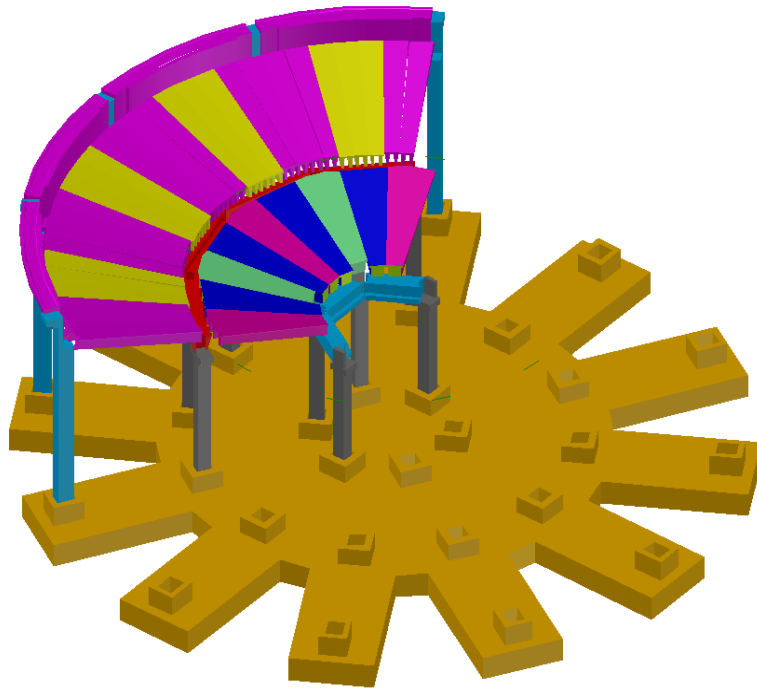
MONTAGEM DOS PILARES



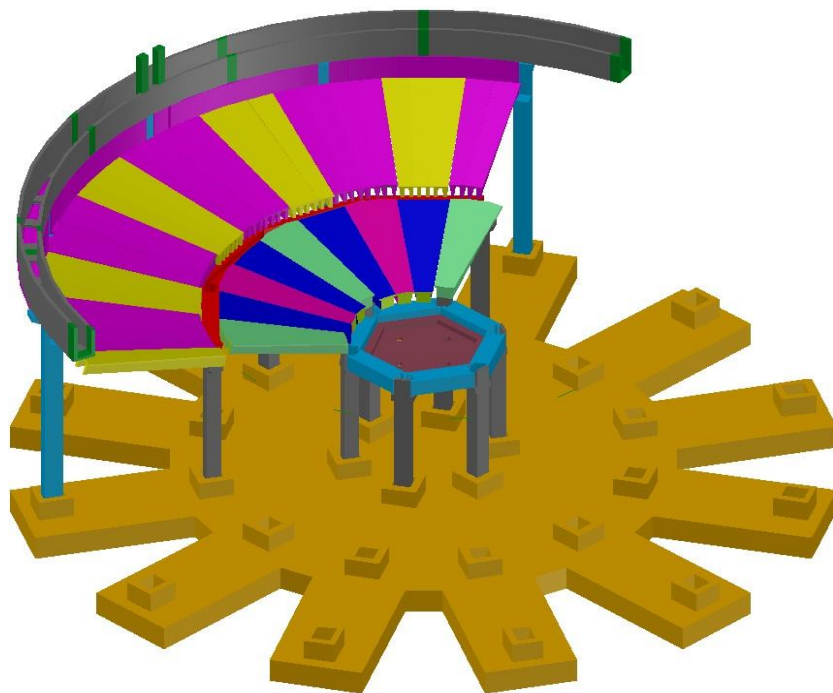
MONTAGEM DAS VIGAS



MONTAGEM DAS LAJES



MONTAGEM CANALETAS E LAJE CENTRAL



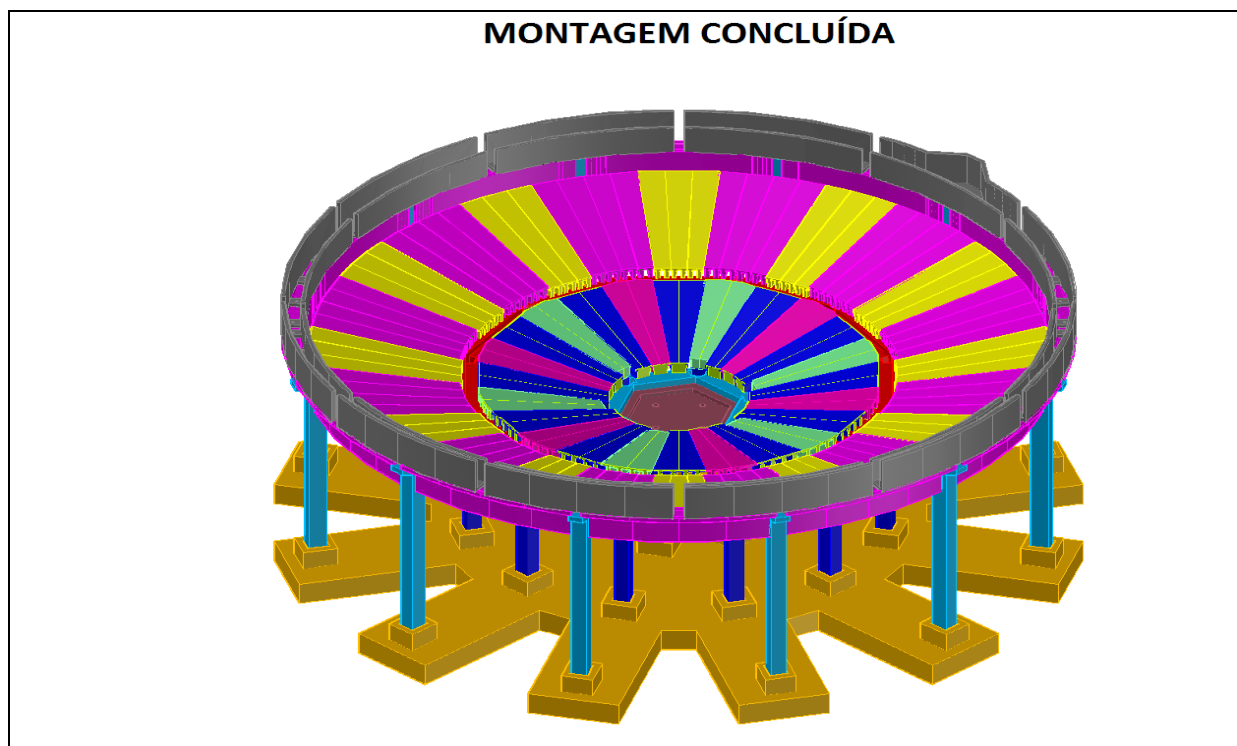


Figura 3: Sequencia de Montagem – Espessador de Rejeitos

3.2 Custo

Os custos de implantação da estrutura e fundação do prédio foram calculados a partir de banco de dados e refletem inclusive, custos corporativos inerentes à empresa contratante. Na orçamentação do serviço com a utilização de pré-moldado, foi considerado que toda a mão de obra para montagem das peças seria da fornecedora das peças e não foram incluídos custos com alojamento destes funcionários. Com esta análise, verificou-se uma redução nos custos de aproximadamente 30%. A economia reflete a redução da mão de obra, principal custo para execução deste tipo de serviço no caso específico da empresa contratante.

3.3 Mão de obra

O custo com mão de obra é o principal fator de redução de custos na análise orçamentária feita acima. “Com o mercado da construção civil aquecido, a escassez de mão de obra é um desafio não apenas para construtoras da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), mas também no interior do Estado. De acordo com Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Minas Gerais (Sinduscon-

MG), encontrar pessoal qualificado (pedreiros, armadores, eletricitas e carpinteiros) é cada vez mais difícil e já afeta o crescimento do setor.” *Disponível em:* <<http://www.cbic.org.br>>, acesso em: 27/10/12.

Diante deste cenário, a redução da necessidade de mão de obra é um fator decisivo na escolha do método construtivo. Como a demanda de mão de obra não pode ser atendida diretamente pelos municípios vizinhos (Itabirito, Rio Acima e Nova Lima), é necessária a construção de alojamentos para abrigo dos funcionários durante o período de obras.

3.4 Segurança

Com a redução do número de pessoas no site, tem-se obviamente uma redução nos riscos associados à saúde e segurança. Apesar da atividade de içamento de carga ser um dos itens de maior recorrência de acidentes em obras (conforme índice de acidentes interno), a proporção de redução do número de pessoas e atenção na elaboração do plano de rigging podem garantir a redução dos riscos de acidentes no local de implantação da edificação.

3.5 Atributos do site

A edificação em análise está localizada no município de Itabirito, região metropolitana de Belo Horizonte, com acesso fácil via BR-040 e BR-356. A proximidade com a capital do estado contribui para a escolha de sistemas industrializados. Foram mapeadas na região duas empresas com capacidade para fornecimento de peças pré-moldadas em larga escala.

PREMO: <http://www.premo.com.br/>

PRECON: <http://www.precon.com.br/grupoprecon/>

Juntas, estas empresas tem aproximadamente uma capacidade de 15 mil m³/mês e, com a contratação das mesmas com a devida antecedência, o fornecimento de peças não é um impedimento na definição deste método executivo.

3.6 Requisitos de Transporte e Içamento de carga

A limitação relativa ao tamanho e peso das peças está diretamente relacionada com a capacidade de transporte das mesmas e as condições para execução *in loco*. Neste ponto, a localização do local de implantação da edificação é de suma importância na escolha do método construtivo. No caso desta edificação, as peças teriam as seguintes características:

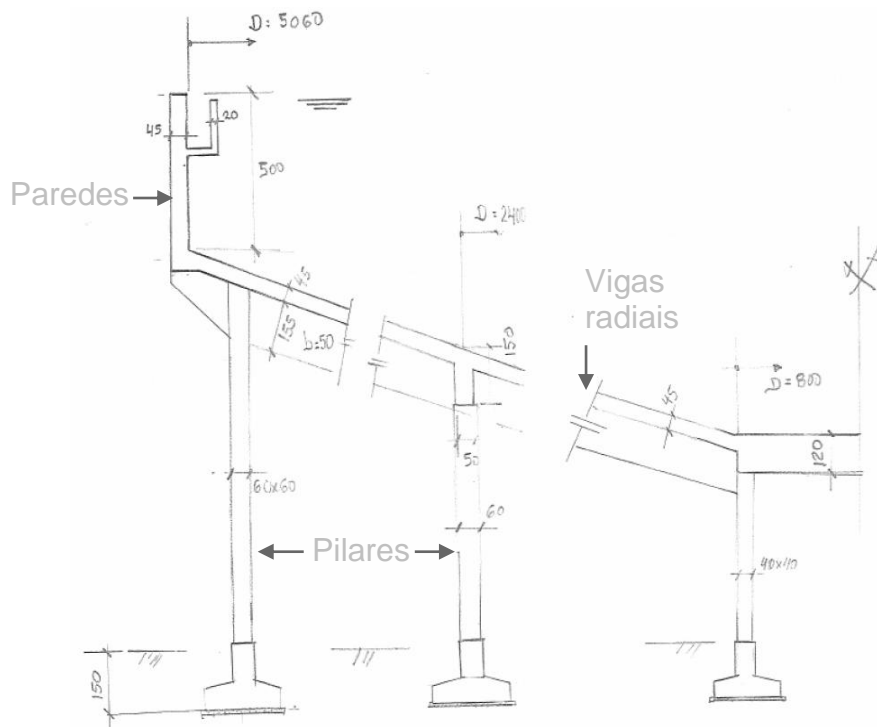


Figura 4: Croqui esquemático. Fonte: Confidencial.

Para o transporte das peças seria necessário uma Autorização Especial de Trânsito (AET), este é: “um documento de porte obrigatório expedido pelo DER/MG para veículos, ou combinações de veículos e equipamentos, destinados ao transporte de cargas indivisíveis e excedentes em peso e/ou dimensões ao limite estabelecido pelas legislações vigentes, para o conjunto de veículos e cargas transportadas, bem como por veículos especiais que trafegam estaduais e federais delegadas sob sua jurisdição.” Disponível em: <www.der.mg.gov.br>. Acesso em 22/10/2012.

Sempre que as dimensões do conjunto transportador, entendendo-se este como a composição do veículo transportador (reboque, semi-reboque, etc.) mais a carga ultrapassar os limites máximos, abaixo transcritos, fixados pela Resolução 210/06, será necessário o requerimento de AET junto ao órgão com jurisdição sobre a via. Para efeito de obtenção de AET o que vai determinar a dimensão máxima admissível para um determinado itinerário é a capacidade geométrica da via, ou seja, altura de pontes e viadutos e demais instalações públicas.

Tabela 1: Dimensões Máximas Permitidas

Critério	Limitação (m)
Altura	4,40
Comprimento: Veículos Simples	14,00
Comprimento: Veículos Articulados	18,60
Comprimento: Veículos com reboque	19,80

Tabela 2: Pesos Máximos Permitidos para Veículos Especiais

Tipo de Eixo	Distância entre eixos (m)	Peso/Eixo(ton.)		
		2 rodas	4 rodas	8 rodas
Simples	$\geq 2,40m$	7,5	12	16
Duplo*	$1,20 < \text{ee} < 2,40m$	-	15	-
Duplo	$1,35 < \text{ee} < 1,50m$	-	22	24
	$1,50 < \text{ee} < 2,40m$	-	24	24
Triplo	$1,35 < \text{ee} < 1,50m$	-	28,5	34,5
	$1,50 < \text{ee} < 2,40m$	-	30	36
4 ou mais em tandem	$1,35 < \text{ee} < 1,50m$	-	9,3	11,3
	$1,50 < \text{ee} < 2,40m$	-	10	12
Separados	$\geq 2,40m$	7,5	12	16

No caso desta edificação, temos como característica básica o alto volume de concreto armado e a geometria circular. Por suas dimensões, 50 metros de diâmetro, é necessária a divisão dos arcos que compõem a circunferência em seções de acordo com o espaçamento entre pilares de apoio da estrutura. Temos, portanto, seções com ângulo de variável e largura correspondente à localização da peça na divisão de raios internos:

Tabela 3: Dimensionamento de peças do espessador para pré-moldagem

Raio (m)	Área (m ³)	vol. Seção (m ³)	peso seção (t)	nº	peças	peso/peça (t)
4	4,2	2	5	24	Peças únicas	5
8	33,5	15	38	72	Peças de 10°	13
13,3	129,9	58	146	144	Peças de 5°	24
25,3	167,6	75	Peças não podem ser pré-moldadas devido ao peso e/ou forma geométrica.			

O cálculo do número de peças acima levou em consideração as limitações de transporte e peso e por isso, as peças localizadas na última seção, entre raios 13,3m e 25,3m, devem ser pré-moldadas em canteiro de pré-moldagem próximo ao local de montagem das peças. No caso das vigas e pilares, não foram encontradas restrições no transporte das mesmas (*ver croqui da página 16*).

Tabela 4: Pilares e vigas do espessador

Peça	nº	Seção	Comprimento (m)
<i>Pilares Externos</i>	48,00	0,60 x 0,60	12,00 / 9,00
<i>Pilares Centrais</i>	8,00	0,40 x 0,40	6,00
<i>Vigas Radiais</i>	24,00	0,50 x 1,55	17,30

4. MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE

4.1 Meio Ambiente

A construção industrializada tem um enorme potencial de reduzir índices negativos do processo construtivo e isso acontece por dois motivos. O primeiro é que ela permite diminuir as perdas e resíduos na construção. Os estudos mostram que produtos a granel, como cimento e areia, têm perdas elevadas em boa parte das obras. O mesmo ocorre com argamassas, alvenarias, devido à baixa qualificação da mão de obra assim como falta de modulação e outras questões. Um ambiente industrial tem a garantia de produção mais controlada não sujeita a intempérie, o que permite uma racionalização no uso dos materiais componentes do concreto, cimento e agregados, além de contribuir para a melhoria das condições de trabalho dos operários, outro importante fator de sustentabilidade. *Disponível em:* <<http://www.aecweb.com.br/artigo/comunidade/5833/iria-doniak/iria-doniak.html>>, Acesso em: 16/08/2012.

4.2 Concreto

Segundo LIMA (2010), a estimativa nacional de produção de concreto gera uma produção de 224 KgCO₂/m³. A partir da análise do cenário brasileiro, o autor observa ainda que a energia despendida para produção de cimento, componente de maior peso na confecção do concreto quando se trata da emissão de CO₂, é menor no Brasil do que em outros países. No Brasil, são emitidos em média 659 KgCO₂/t para produção do cimento, enquanto que a estimativa mundial ficou acima dos 800 KgCO₂/t.

Com a utilização de concreto pré-moldado, são indicados pontos de redução na emissão de carbono e na utilização de matéria prima:

- Perda na produção e utilização de concreto usinado, resistência 25 Mpa, é da ordem de 4% (indicador global de perda e consumo de material emitido pela USP);
- Alta taxa de reutilização de formas na produção de peças modularizadas;

- Melhor controle de qualidade e conseqüente melhoria na durabilidade das peças;
- Economia na utilização de cimbramentos;
- Diminuição nos pontos de controle emissão de resíduos da construção civil.

A diminuição de perdas impacta diretamente na redução de emissão de CO₂ já que aumenta o aproveitamento da produção de concreto na obra. Para os quatro edifícios em análise, seriam empregados 5.131 m³ de concreto, o que, levando em conta a redução de perdas, levaria a uma economia de 4 % na produção e emissão de CO₂, correspondente a 135 toneladas deste gás.

A modularização, por outro lado, pode por vezes obrigar o projetistas a trabalhar com peças superdimensionadas para atender às restrições. Não foi realizado até o momento nenhum estudo comparando as perdas ocasionadas pela modularização e pela customização de peças.

4.3 Transporte

No caso estudado, a região na qual está localizado o empreendimento tem características favoráveis à industrialização por estar próximo a um centro econômico capaz de atender à demanda, tanto de insumos como de peças pré-moldadas. Em situações o mercado próximo não atende a demanda, é necessária a análise de viabilidade de implantação de uma fábrica de pré-moldados no próprio canteiro de obras para atendimento exclusivo à obra. Esta modalidade requer alto volume de concreto a ser lançado pois exige custos com caldeiraria na produção das formas de grande porte. Requer também, uma área considerável para manuseio e armazenagem, fator crítico para grandes empreendimentos já que o licenciamento ambiental e a gestão fundiária são gargalos que acabam restringindo o planejamento da obra.

Abaixo, será comparada a emissão de CO₂ para as duas alternativas analisadas neste trabalho. Segundo BARTHOLOMEU, D. et al, (2006), veículos a diesel para transporte de cargas emitem em média, 2,75 kgCO₂/l. Este índice,

particularmente no Brasil, é mais elevado em relação a média mundial considerando o estado de conservação das rodovias. Em pesquisa feita nas transportadoras, declara-se o consumo médio de 2,135 km/l.

4.4 Mão de obra

O trade-off realizado a partir das composições de preços unitárias de cada metodologia, mostrou que, com a utilização de peças pré-moldadas, seria possível uma redução de 91 % no número de homens-hora no site para produção e montagem das peças. Pelo fato da empresa contratante desta obra possuir índices de produtividade próprios adequados às peculiaridades da mesma, não foram utilizados índices de produtividade medidos em teses publicadas oficialmente nas instituições relacionadas ao tema. Para execução de concreto estrutural em estruturas elevadas, foi considerado o índice de 57,85 Hh/m³. Para a montagem de pré-moldados, o índice para montagem das peças considerando é de 5,3 Hh/m³, considerando: operador de guindaste; montadores; ajudantes e encarregados. Pela variedade de peças, a produtividade por m³ de concreto armado pré-moldado montado no site é bastante peculiar a cada tipo de edificação. Segundo informações fornecidas em entrevista com uma profissional da empresa **PREMO**, a montagem de estruturas elevadas chega a:

- 20 vigas/dia
- 45 lajes/dia
- 15 pilares (H<15m)/dia
- 10 pilares (H>15m)/dia

A redução da mão de obra no site conduz a uma serie de vantagens sócio-ambientais. Um dos grandes problemas relacionados a empreendimentos que demandam alto número de funcionários, é o impacto deste grande contingente próximo a cidades de pequeno porte. O distúrbio cultural e econômico trazido a estas comunidades é imensurável e passa pelo aumento da criminalidade e prostituição. A chegada de um grande empreendimento traz consigo a necessidade de qualificar a atuação por parte do poder público, além de aprimorar a participação da sociedade, de modo que os impactos negativos sejam minimizados e as oportunidades de crescimento e desenvolvimento otimizadas. *Disponível*

em: <<http://www.agendapublica.org.br/programaseprojetos/atuacao-em-municipios-impactados-por-grandes-empreendimentos/>> Acesso em 02/12/12.

5. REDUÇÃO DA EMISSÃO DE GÁS CARBÔNICO NO TRANSPORTE

Para execução do conjunto de prédios industriais para espessamento de rejeitos de mineração, seriam necessários 5.131 m³ de concreto armado. A produção e lançamento dessa quantidade de concreto exigiria o número de viagens demonstrado na tabela abaixo.

Tabela 5: Número de atividades de transporte por tipo de veículo

Insumo	Concreto m ³	Qtde m ³	Caminhão		
			Toco 6,3	Trucado 9,6	Carreta 19,26
Brita (m ³)	5.131,00	6.516,37	1.034,34	678,79	338,34
Areia (m ³)		3.694,32	586,40	384,83	191,81
Cimento (sacos)		40.022	-	142,94	71,47
Aço (t)		678	-	56,51	26,08
Forma (t)		171	-	14,27	6,85

Estes valores foram baseados na capacidade média das caçambas e carrocerias de veículos comumente utilizados no transporte de insumos para construção civil. Seguem abaixo também, as taxas de utilização de insumos para produção de concreto.

Tabela 6: Capacidade de transporte por veículo por insumo

Caminhão	m ³ /caminhão	toneladas/ caminhão	Insumo	Índice	Valor
toco	6,3	8,505	Brita	m ³ /m ³	1,27
trucado	9,6	12,96	Areia	m ³ /m ³	0,72
carreta	19,26	26,001	Cimento	Kg/m ³	390

A partir desta estimativa, foi comparada o número de viagens necessárias para transporte de peças pré-moldadas e moldadas in-loco considerando somente carretas bi-trem ou caminhões trucados, uma vez que não é realizado o transporte de peças pré-moldadas por caminhões toco.

Tabela 7: Número de viagens - Comparação

Trade-off	MOLDADO "IN LOCO"		PRÉ-FABRICADO		VARIÇÃO	
	Transporte		Transporte		Trucado	Carreta
	Trucado	Carreta		Carreta		
Espessador de rejeito	1.277	635		506	(772)	(129)

A partir do cálculo feito onde chegou-se a uma redução expressiva de número de viagens, 450 em média, para transporte de peças ou insumos para o local da obra, podemos calcular a quantidade gás carbônico não emitida no caso do transporte de peças pré-moldadas. A distância média considerada foi de 61 km, distância entre os municípios de Belo Horizonte e Itabirito, local onde está localizada a obra. Para o transporte de pré-moldados, foi considerada distância de 85 km, uma vez que as fábricas das principais produtoras de peças pré-moldadas estão na região metropolitana um pouco mais distante.

Tabela 8: Emissão de CO2 na atividade de transporte - Comparação

Item	Descrição	Viagens (un.)	Distância média (km)	Consumo (l/km)	Diesel gasto (l)	Índice (T.CO2/l)	CO2 emitido (t)
1	<i>Transporte - Pré-moldado</i>	506	85	0,4683841	20.145,20	0,00275	55,40
2	<i>Transporte - Insumos</i>	956	61	0,4683841	27.314,29	0,00275	75,11

6. CONCLUSÕES

Devido às características do local de implantação, o empreendimento analisado consegue absorver todas as vantagens ambientais e econômicas indicadas por diversos estudos prévios de análise de aplicação de peças pré-moldadas. Uma das atividades críticas na execução por pré-moldados, o transporte das peças até o site, ao contrario do que se imaginava não aumenta o custo da obra e leva a uma diminuição considerável de emissão de gás carbônico ao longo do tempo de execução. Estes ganhos já eram previstos em casos onde havia similaridade de condições de implantação, apesar de que, caso esta pratica seja completamente disseminada e a demanda aumente consideravelmente, a região deverá ter sua capacidade de atendimento para produção de peças pré-moldadas de concreto aumentada.

As vantagens identificadas no planejamento e orçamentação com diminuição de prazo e custos para a obra são um fator de convencimento decisivo para norteamento de escolhas na definição de métodos construtivos em empresas de grande porte. A verificação de ganhos e a apresentação de justificavas mercadológicas para conservação do meio ambiente é uma ótima estratégia para implantação de métodos mais sustentáveis na indústria da construção civil. Neste caso específico, a escolha do método pré-moldado se mostrou mais rápido, barato e ambientalmente menos impactante que a construção *in loco* analisada.

É ainda necessária, a avaliação técnico-econômica da construção da fábrica de pré-moldados no próprio canteiro de obras para empreendimentos de grande porte. Os ganhos em prazo, reaproveitamento de formas, diminuição da mão de obra empregada, entre outras variáveis possivelmente também justificariam soluções como esta.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUER, R. Pré-fabricação e a sustentabilidade. In: Concrete Show, South America, 2009.

WRIGHT, E. (Org.) Constructability Guide. OBrien-Kreitzberg Assoc Inc., 1994. 31 f.

LIMA, J. Avaliação das consequências da produção de concreto no Brasil para as mudanças climáticas. 2010. 121 f. Tese (doutorado em engenharia). Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.

BARTHOLOMEU, D. et al, Avaliação de impactos ambientais decorrentes da redução do consumo de combustível no transporte rodoviário de cargas, 2006. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” , Universidade de São Paulo, 2006.

Referências de sites / artigos disponíveis on-line

<<http://www.aecweb.com.br/artigo/comunidade/5833/iria-doniak/iria-doniak.html>>. Acesso em: 07/08/2012.

<<http://www.portaldoconcreto.com.br>> Acesso em: 07/08/2012

<<http://www.cbic.org.br>>, acesso em: 27/10/12.

<<http://www.premo.com.br/>>

<<http://www.precon.com.br/grupoprecon/>>

<www.der.mg.gov.br>. Acesso em 22/10/2012.

<<http://www.agendapublica.org.br/programaseprojetos/atuacao-em-municipios-impactados-por-grandes-empreendimentos/>> Acesso em 02/12/12.