



**AVALIAÇÃO DE CUSTOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO
ESTRUTURAL DE ALTO DESEMPENHO – ESTUDO DE CASO**

**Belo Horizonte
2015**



Daniel Moreira Coelho
Marcelo Mucida Couto
Sérgio Rodrigo Ribeiro Sobral

AVALIAÇÃO DE CUSTOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO ESTRUTURAL DE ALTO DESEMPENHO – ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Pós-
Graduação em Gerenciamento e
execução de Obras *lato sensu*, do
Instituto Idd como requisito para a
obtenção do Grau de Especialista.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Moysés Costa.

Belo Horizonte
2015

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO DO TCC AVALIAÇÃO DE CUSTOS NA PRODUÇÃO DE CONCRETO ESTRUTURAL DE ALTO DESEMPENHO – ESTUDO DE CASO

Daniel Moreira Coelho

Marcelo Mucida Couto

Sérgio Rodrigo Ribeiro Sobral

TRABALHO APROVADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE ESPECIALISTA EM GERENCIAMENTO E
EXECUÇÃO DE OBRAS, DO INSTITUTO IDD, PELA COMISSÃO FORMADA
PELO PROFESSOR A SEGUIR MENCIONADO.

Belo Horizonte (MG) ____ de _____ de _____.

Professor Dr. Rodrigo Moysés Costa

Resumo

Este trabalho tem como finalidade levantar os custos de fabricação e transporte do concreto na obra adequação de uma mineradora. Foram utilizadas várias planilhas elaboradas pelos próprios autores. A alimentação de dados destas planilhas segue de levantamentos de insumos, mão de obra, equipamentos e maquinarias, por diversas informações contidas no contrato e CPU (composição de preços unitários). Assim, procurou-se fazer um estudo de caso detalhado dos fatores que influenciam o custo final do concreto de alto desempenho fabricado em central de concreto na própria obra.

Palavras chave: Concreto estrutural, concreto de alto desempenho, custo de produção.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	IV
ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	V
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	2
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. Objetivo Geral	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. HIPÓTESE	3
1.4. JUSTIFICATIVA	3
1.4.1. Tecnológicas	3
1.4.2. Econômicas.....	4
1.4.3. Sociais.....	4
1.4.4. Ecológicas.....	4
1.4.5. Procedimentos Metodológicos.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. MATERIAIS QUE COMPÕE O CONCRETO	7
2.1.1. Cimento.....	7
2.1.2. Agregados.....	12
2.1.3. Aditivos.....	13
2.2. FATORES QUE INFLUEM NA QUALIDADE DO CONCRETO.....	13
2.3. DOSAGEM	14
2.3.1. Métodos de dosagem	14
2.4. CUSTOS DE PRODUÇÃO	16
3. PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	18
3.1. MATERIAIS	18
3.2. TRAÇOS DOS CONCRETOS	18
3.3. CALCULAR OS CUSTOS	20
4. ANÁLISES E CONCLUSÃO	28
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cimentos produzidos no Brasil [FONTE: ABCP]	8
Tabela 2 - Demanda usual de serviços [FONTE: TCPO, PINI 2010]	17
Tabela 3 - Demanda usual por mão-de-obra [FONTE: TCPO, PINI 2010].....	17
Tabela 4 – Gastos com mão-de-obra para fabricação dos concretos no mês de julho de 2013	21
Tabela 5 – Gastos com equipamentos para fabricação dos concretos no mês de julho de 2013.....	22
Tabela 6 – Custos unitários para fabricação de concreto FCK = 30 Mpa	22
Tabela 7 – Custos unitários para fabricação de concreto auto-adensável.	23
Tabela 8 – Custos totais com materiais no mês de julho de 2013.	23
Tabela 9 – Custos com usinagem e transporte sem materiais no mês de julho de 2013.	24
Tabela 10 – Custos por m ³ para fabricação e transporte do concreto estrutural fck = 30 MPa, incluindo os materiais no mês de julho de 2013.	24
Tabela 11 – Custos por m ³ para fabricação e transporte do concreto auto adensável, incluindo os materiais no mês de julho de 2013.....	24
Tabela 12 – Custos por m ³ para fabricação e transporte do concreto auto adensável, incluindo os materiais no mês de julho de 2013.....	25
Tabela 13 – Resumo do ano de 2013	25

ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Ca	Consumo de água
Cb	Consumo de agregado graúdo
Cc	Consumo de cimento
CCV	Concreto convencional
Cm	Consumo de agregado miúdo
CPB	Cimento Portland branco não estrutural
CPP	Cimento para poços petrolíferos
DMC	Dimensão máxima característica
F _{cj}	Resistência à compressão do concreto previsto para idade de “j” dias
F _{ck}	Resistência característica do concreto à compressão
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MPa	Megapascal
NBR	Norma da ABNT
PIB	Produto Interno Bruto
Sd	Desvio padrão
TCPO	Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos
USP	Universidade de São Paulo
V _c	Volume compactado
V _m	Volume de agregado miúdo

1. INTRODUÇÃO

O concreto armado é um processo construtivo iniciado na Europa em meados do século XIX. Ele consiste na combinação do concreto – uma pasta feita de agregados miúdos e graúdos, cimento, areia e água, conhecida desde a Antiguidade – com uma armadura de aço. A novidade está justamente na união da propriedade de resistência à tração do aço com a resistência à compressão do concreto, que permite vencer grandes vãos e alcançar alturas extraordinárias. Além disso, o concreto é um material plástico, moldável, ao qual é possível impor os mais variados formatos.

Inicialmente empregado apenas em embarcações e tubulações hidráulicas, a partir de fins do século XIX o concreto armado passa a ser utilizado também nas edificações. Junto com o aço e o vidro, ele constitui o repertório dos chamados “novos materiais” da arquitetura moderna (BENEVOLO, 1976), que são produzidos em escala industrial e viabilizam arranha-céus, pontes, silos, estações ferroviárias ou, em suma, aqueles novos objetos arquitetônicos característicos do cenário do mundo modernizado do século XX.

A tecnologia do concreto armado é a técnica amplamente dominante na confecção de estruturas de edifícios no Brasil, tanto por motivos econômicos, devido à disponibilidade de grandes indústrias de cimento no país, como por motivos culturais.

Hoje, o concreto armado é amplamente utilizado na construção civil, que representa um dos setores de maior vulto na sociedade, chegando a contribuir com cerca de 25% do PIB (no Brasil, este valor corresponde a 14,5%, segundo a FIESP, citado por JOHN (2000)). Na Comunidade Europeia chega a envolver 30 milhões de operários sendo o maior setor econômico (SJÖSTRÖM, 2000).

A evolução da tecnologia do concreto nos anos 70, em especial com a disponibilização dos aditivos superplastificantes, tornou possível a produção de concretos com fatores água/aglomerantes baixos e, conseqüentemente, resistências mecânicas elevadas, (fck superiores a 50 MPa).

O concreto convencional conhecido atualmente é, basicamente, uma mistura entre dois componentes: agregado e a pasta. Os agregados podem ser divididos em miúdos e graúdos, dependendo da granulometria. Já a pasta, engloba o cimento

Portland e a água, sendo que materiais cimentícios suplementares e aditivos podem ser incluídos neste grupo. O endurecimento da pasta une os agregados em uma massa densa devido às reações químicas do cimento com água (PCA, 2002).

Em obras de grande porte, o concreto é um material construtivo muito utilizado e tem grande influencia no custo global. Na obra de adequação da mineradora tratada neste estudo de caso, há um grande uso de concreto armado. Assim, buscou-se verificar se os custos orçados para esse material estavam sendo cumpridos ao longo da execução, garantindo um orçamento mais próximo do previsto e um melhor aproveitamento do concreto.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

O ponto de partida deste projeto de pesquisa foi responder ao seguinte questionamento: A fabricação do concreto atualmente utilizado na obra de adequação de uma mineradora atende aos custos orçados?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Como objetivo geral, buscou-se avaliar os custos envolvidos no processo de fabricação do concreto utilizado na obra de adequação de uma mineradora, para reduzir o seu custo, aplicando-se os conceitos estudados ao longo do curso.

1.2.2. Objetivos Específicos

Procurou-se neste estudo:

- Realizar revisão bibliográfica dos métodos convencionais e das novas metodologias que vêm sendo aplicadas na fabricação de concreto.
- Definir a metodologia de desenvolvimento das atividades de pesquisa.
- Integrar os conceitos estudados ao longo do curso para avaliar os custos orçados.
- Levantar os fatores que interferem no custo global do concreto e avaliar seu impacto no processo de fabricação.

- Caracterizar o concreto utilizado atualmente na obra.
- Estudar alternativas para reduzir o custo global do concreto fabricado na obra.
- Definir métodos para aumentar o controle do traço de concreto.
- Desenvolver senso crítico a respeito dos custos orçados, baseados na literatura de referência adotada.

1.3. HIPÓTESE

A atual fabricação do concreto não atende aos custos orçados para a obra e assim, acredita-se que melhorando o traço, controlando a sua fabricação e redimensionando a produtividade, os custos desejados para a fabricação do concreto poderão ser alcançados.

Acredita-se que melhorando o traço, controlando a fabricação e redimensionando a produtividade, pode-se alcançar os custos desejados para a fabricação do concreto da obra, pois o atual processo não atende aos custos orçados.

1.4. JUSTIFICATIVA

Neste tópico serão apresentadas as justificativas tecnológicas, econômicas, sociais e ecológicas para o desenvolvimento deste trabalho.

1.4.1. Tecnológicas

Dentro do campo dos concretos plásticos, a resistência aos esforços mecânicos, bem como as demais propriedades do concreto endurecido variam na relação inversa da relação água/cimento (ABRAMS, 1918).

Desta maneira, para cada tipo de concreto a ser utilizado em obra deve-se realizar a sua dosagem experimental, devendo controlar toda a fase de produção para que os requisitos de projeto sejam atendidos, aumentando a qualidade, reduzindo desperdícios e melhorando a produtividade.

1.4.2. Econômicas

Com a dosagem experimental do concreto consegue-se obter um material controlado, otimizando todo o processo de produção, melhorando o seu traço e obtendo um produto final mais adequado e econômico para cada tipo de serviço, conseguindo assim uma redução direta nos custos orçados.

1.4.3. Sociais

A partir do estudo de dosagem experimental do concreto, além de se conseguir uma maior economia em sua produção, contribui-se também com o setor da construção civil demonstrando as vantagens do uso deste método para produzir um concreto econômico e de melhor qualidade, material este que é comumente usado em grande maioria das obras.

Deve-se considerar também que a obra de adequação contribui com o desenvolvimento de toda a região em que a mesma está inserida.

1.4.4. Ecológicas

Com o atual aumento da preocupação com o meio ambiente e os constantes debates sobre sustentabilidade, a dosagem experimental proporciona uma maior economia na utilização de recursos naturais além de um melhor consumo de cimento que contribui com a questão da sustentabilidade.

1.4.5. Procedimentos Metodológicos

O trabalho será realizado por meio de revisão bibliográfica e programa experimental em laboratório com avaliação dos resultados obtidos. A revisão bibliográfica abordará quatro assuntos que predominam neste trabalho,

Destaca-se neste trabalho o programa experimental conduzido, baseado em moldagem de corpos de prova dosados com diferentes traços para obtenção de resultados esperados.

Principal Tarefa para Acompanhamento:

Está previsto na obra o uso de 63.487,32m³ de concreto estrutural e 15.642,00m³ de concreto para estacas totalizando 79.129,32 m³, que representa 13,94% do valor

do total (R\$ 43.616.872,48). Devido a esse percentual significativo se tornou necessário avaliar o custo da central de concreto, comparando custo orçado X custo real.

Avaliação:

Levantar os custos para produção.

Após avaliações:

Otimizar o traço de concreto estrutural e concreto Auto Adensável com redução dos insumos, garantindo as características de resistência e plasticidade, com isso a redução do custo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O concreto é um dos materiais mais consumidos do mundo, devido à disponibilidade de seus constituintes, altas resistências a esforços de compressão, adequação a qualquer tipo de forma. É constituído por cimento, agregado graúdo, agregado miúdo, água e em alguns casos são colocados aditivos. Os agregados por sua vez são os materiais mais utilizados em um concreto, pois além de proporcionar uma maior resistência, reduz seu custo. O principal objetivo do seguinte trabalho é diminuir ainda mais o valor do custo de produção do concreto já que é possível que não ocorra perda de resistência, sendo constatado em (Mehta & Monteiro, 1994), havendo apenas uma alteração em sua consistência. Se essa perda de consistência for pouco significativa, a permuta se torna economicamente mais vantajosa, uma vez que a brita, em geral, é um material três vezes mais oneroso do que a areia natural. A consistência, porém, é um fator desprezível, pois hoje no mercado da construção civil esse fator pode ser recuperado com adição de um aditivo plastificante. Serão realizados diversos ensaios em laboratório especializado com dosagens diferentes de areia para determinar a resistência, consistência e módulo de elasticidade do concreto para as respectivas permutas (Neto, 2005).

Dosar um concreto consiste em determinar a proporção mais adequada e econômica, com que cada material entra na composição da mistura, objetivando as propriedades já identificadas para o concreto fresco e endurecido.

Dosar é, portanto, procurar o traço que atende às condições específicas de um projeto, utilizando corretamente os materiais disponíveis. Traço é a maneira de exprimir a proporção dos componentes de uma mistura.

Genericamente, um traço “1:m:x” significa que para uma parte de aglomerante deve-se ter “m” partes de agregado miúdo e “x” partes de agregado graúdo.

O traço pode ser medido em peso ou em volume. Geralmente quando não está expressa de forma clara a unidade, supõe-se que esta medida seja em peso. Se o traço for em volume deve ser indicado. Frequentemente adota-se uma indicação mista: o cimento em peso e os agregados em volume (Araujo, Rodrigues & Freitas, 2000).

Os métodos de dosagem são classificados em Método Experimental e Não Experimental.

O método experimental parte de alguns parâmetros laboratoriais dos componentes do concreto, mas para chegar ao traço final depende fundamentalmente de experimentos sobre amostras e corpos-de-prova do concreto. O traço é então estabelecido em função de avaliações da resistência e da trabalhabilidade feitas em laboratório. São mais eficientes em custos e geram um menor desvio padrão (Sd).

No método não experimental, o traço é determinado diretamente a partir do levantamento laboratorial das características dos componentes do concreto: granulometria dos agregados, resistência mecânica do cimento, etc. Devido à dificuldade de avaliar muitos aspectos dos componentes atuando no conjunto, ocorre uma variação muito grande nos resultados obtidos, implicando em desvio padrão (Sd) muito alto, elevando custo final do concreto. Só são aplicáveis em obras de pequeno porte, onde o custo para o desenvolvimento do método experimental fica elevado (Giammusso, 1992).

Procurou-se fazer neste trabalho um estudo comparativo de custos de insumos e de produção de concreto moldado *in loco*. Fatores, como transporte, cobertura, alvenaria, afetam o valor final de cada estrutura.

2.1. MATERIAIS QUE COMPÕE O CONCRETO

O concreto é um material de construção resultante da mistura, em quantidades discriminadas, de aglomerante (cimento), agregados (pedra e areia) e água. Logo após a mistura o concreto deve possuir plasticidade suficiente para as operações de manuseio, transporte e lançamento em formas, adquirindo coesão e resistência com o passar do tempo, devido às reações que se processam entre aglomerante e água. Em alguns casos são adicionados aditivos que modificam suas características físicas e químicas (Bawer, 1997).

2.1.1. Cimento

Os cimentos são substâncias ligantes capazes de unir fragmentos ou massas de materiais sólidos em um corpo compacto. Dentre essas substâncias, o Cimento Portland é o aglomerante hidráulico utilizado na construção civil. Ao entrar em contato com a água, o cimento Portland é submetido a processos e transformações que contribuem para agregar e consolidar agregados, resultando o concreto de cimento Portland. (KIHARA & CENTURIONE, 2005).

Dentre os tipos de cimento produzidos no Brasil, tem-se onze tipos básicos de cimento Portland e dois outros cimentos especiais que são o Cimento Portland Branco não Estrutural (CPB) e Cimento para Poços Petrolíferos (CPP), estando todos apresentados no Tabela 1 com suas nomenclaturas, siglas e classes especificados em normas.

Tabela 1 – Cimentos produzidos no Brasil [FONTE: ABCP]

Nome técnico		Sigla	Classe	Identificação do tipo e classe
Cimento portland comum (NBR 5732)	Cimento portland comum	CP I	25 32 40	CP I-25 CP I-32 CP I-40
	Cimento portland comum com adição		25 32 40	CP I-S-25 CP I-S-32 CP I-S-40
	Cimento portland composto com escória		25 32 40	CP II-E-25 CP II-E-32 CP II-E-40
Cimento portland composto (NBR 11578)	Cimento portland composto com pozolana	CP II-Z	25 32 40	CP II-Z-25 CP II-Z-32 CP II-Z-40
	Cimento portland composto com fíler		25 32 40	CP II-F-25 CP II-F-32 CP II-F-40
	Cimento portland de alto-forno (NBR 5735)		25 32 40	CP III-25 CP III-32 CP III-40
Cimento portland pozolânico (NBR 5736)		CP IV	25 32	CP IV-25 CP IV-32
Cimento portland de alta resistência inicial (NBR 5733)		CP V-ARI	-	CP V-ARI
Cimento portland resistente aos sulfatos (NBR 5737)		-	25 32 40	Sigla e classe dos tipos originais acrescidos do sufixo RS. Exemplo: CP I-32RS, CP II-F-32RS, CP III-40RS etc.
Cimento portland de baixo calor de hidratação (NBR 13116)		-	25 32 40	Sigla e classe dos tipos originais acrescidos do sufixo BC. Exemplo: CP I-32BC, CP II-F-32BC, CP III-40BC etc.
Cimento portland branco (NBR 12989)	Cimento portland branco estrutural	CPB	25 32 40	CPB-25 CPB-32 CPB-40
	Cimento portland branco não estrutural	CPB	-	CPB
Cimento para poços petrolíferos (NBR 9831)		CPP	G	CPP - classe G

2.1.1.1. Aplicações dos tipos de cimento

Cimento Portland Comum – CP I (NBR 5732)

O CP I é o tipo mais básico de cimento Portland, indicado para o uso em construções que não requeiram condições especiais e não apresentam ambientes desfavoráveis como exposição a águas subterrâneas, esgotos, água do mar ou qualquer outro meio com presença de sulfatos. A única adição presente no CP I é o gesso (cerca de 3%, que também está presente nos demais tipos de cimento Portland). O gesso atua como um retardador de pega, evitando a reação imediata da hidratação do cimento.

Cimento Portland Comum com Adição – CP I-S (NBR 5732)

O CP I-S, tem a mesma composição do CP I, porém com adição reduzida de material pozolânico, escória ou fíler calcário (de 1 a 5% em massa).

Cimento Portland Composto com Escória – CP II-E (NBR 11578)

Os cimentos CP II são ditos compostos, pois apresentam além da sua composição básica (clínquer+gesso), a adição de outro material. Estes cimentos geram calor numa velocidade menor que o gerado pelo Cimento Portland Comum e apresentam melhor resistência ao ataque de sulfatos contidos no solo.

O CP II-E, contém adição de escória granulada de alto-forno, o que lhe confere a propriedade de baixo calor de hidratação. O CP II-E é a composição intermediária entre o cimento Portland comum e o cimento Portland de alto-forno, sendo composto de 94% a 56% de clínquer+gesso e 6% a 34% de escória, podendo ou não ter adição de material carbonático (fíler) no limite máximo de 10% em massa. É recomendado para estruturas que exijam um desprendimento de calor moderadamente lento ou que possam ser atacadas por sulfatos.

Cimento Portland Composto com Pozolana – CP II-Z (NBR 11578)

O CP II-Z contém adição de material pozolânico que varia de 6% a 14% em massa, o que confere ao cimento menor permeabilidade, sendo ideal para obras subterrâneas, principalmente com presença de água, inclusive marítimas. O cimento CP II-Z, também pode conter adição de material carbonático no limite máximo de 10% em massa.

Cimento Portland Composto com Fíler – CP II-F (NBR 11578)

O CP II-F é composto de 90% a 94% de clínquer+gesso com adição de 6% a 10% de material carbonático (fíler) em massa. Este tipo de cimento é recomendado desde estruturas em concreto armado até argamassas de assentamento e revestimento, porém não é indicado para aplicação em meios muito agressivos.

Cimento Portland de Alto-Forno com escória – CP III (NBR 5735)

O cimento Portland de alto-forno contém adição de escória no teor de 35% a 70% em massa, que lhe confere propriedades como baixo calor de hidratação e alta resistência à expansão devido à reação álcali-agradado, além da maior impermeabilidade e durabilidade e resistência a sulfatos. É recomendado tanto para obras de grande porte e agressividade (barragens, fundações de máquinas, obras em ambientes agressivos, tubos e canaletas para condução de líquidos agressivos,

esgotos e efluentes industriais, concretos com agregados reativos, obras submersas, pavimentação de estradas e pistas de aeroportos) como também para aplicação geral em argamassas de assentamento e revestimento, estruturas de concreto simples, armado, protendido e outros.

Cimento Portland Pozolânico – CP IV (NBR 5736)

O cimento Portland Pozolânico contém adição de pozolana no teor que varia de 15% a 50% em massa. Este alto teor de pozolana confere ao cimento uma alta impermeabilidade e consequentemente maior durabilidade. O concreto confeccionado com o CP IV apresenta resistência mecânica à compressão superior ao concreto de cimento Portland comum a longo prazo. Apresenta também características particulares que favorecem sua aplicação em casos de grande volume de concreto, devido ao baixo calor de hidratação desprendido. É indicado para obras correntes, sob a forma de argamassa, concreto simples, armado, protendido, elementos pré-moldados e artefatos de cimento, sendo especialmente indicado em obras expostas à ação de água corrente e ambientes agressivos.

Cimento Portland de Alta Resistência Inicial – CP V-ARI (NBR 5733)

O CP V-ARI assim como o CP I não contém adições (porém pode conter até 5% em massa de material carbonático). O que o diferencia deste último é processo de dosagem e produção do clínquer. O CP V-ARI é produzido com um clínquer de dosagem diferenciada de calcário e argila se comparado aos demais tipos de cimento e com moagem mais fina. Assim, ao reagir com a água, o CP V-ARI adquire elevadas resistências em suas primeiras idades, podendo atingir 26 MPa de resistência à compressão em apenas 1 dia de idade e 53 MPa aos 28 dias. É recomendado desde pequenas construções até edificações de maior porte, e em todas as aplicações que necessitem de resistência inicial elevada e desforma rápida e também na produção de artefatos de cimento em indústrias de médio e pequeno porte.

Cimento Portland Resistente a Sulfatos CP-RS (NBR 5737)

Qualquer um dos tipos de cimento Portland anteriormente citados pode ser classificado como resistentes a sulfatos, desde se enquadrem dentro de uma das características abaixo de acordo com a NBR 5737 (ABNT, 1992):

- Teor de aluminato tricálcico (C3A) do clínquer e teor de adições carbonáticas de no máximo 8% e 5% em massa, respectivamente;
- Cimentos do tipo alto-forno que contiverem entre 60% e 70% de escória granulada de alto-forno, em massa;
- Cimentos do tipo pozolânico que contiverem entre 25% e 40% de material pozolânico, em massa;
- Cimentos que tiverem antecedentes de resultados de ensaios de longa duração ou de obras que comprovem resistência aos sulfatos.

É recomendado para meios agressivos sulfatados, como redes de esgotos de águas servidas ou industriais, água do mar e em alguns tipos de solos.

Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (NBR 13116)

O Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC) tem a propriedade de retardar o desprendimento de calor em peças de grande massa de concreto, evitando a fissuração de origem térmica, devido ao calor desenvolvido durante a hidratação do cimento. Este cimento é designado por siglas e classes de seu tipo, acrescidas de BC. Por exemplo, o CP III-32BC é o Cimento Portland de Alto-Forno com Baixo Calor de Hidratação.

Cimento Portland Branco CPB (NBR 12989)

O Cimento Portland Branco se diferencia pela coloração e está classificado em dois subtipos: estrutural e não-estrutural. A cor branca é obtida a partir de matérias-primas com baixos teores de óxido de ferro e manganês, em condições especiais durante a fabricação, tais como resfriamento e moagem do produto e, principalmente utilizando caulim no lugar da argila. O índice de brancura deve ser maior que 78%, oferecendo a possibilidade de escolha de cores, uma vez que pode ser associado a pigmentos coloridos.

O Cimento Portland Branco Estrutural é utilizado para fins arquitetônicos, com classes de resistência 25, 32 e 40 MPa, similares aos demais tipos de cimento. Já O Cimento Portland Branco Não-Estrutural não tem indicações de classe e é aplicado, por exemplo, em rejuntamento de azulejos e em aplicações não estruturais.

2.1.2. Agregados

De acordo com Sbrighi Neto (2005) os agregados são materiais granulares, sem forma ou volume definidos, de dimensões e propriedades adequadas às obras de engenharia, em particular na fabricação de concretos e argamassas de cimento Portland.

Durante os primeiros estudos do concreto de cimento Portland, os agregados eram adicionados à massa para dar enchimento ao concreto, tornando-o mais econômico. Atualmente, sabe-se que além de sua influência benéfica quanto à retração e à resistência, seu tamanho, densidade e forma podem definir várias das características desejadas em um concreto. (SBRIGHI NETO, 2005)

Os agregados são classificados quanto à origem, quanto à dimensão dos grãos e quanto à massa unitária.

2.1.2.1. Classificação quanto à origem

- **Naturais:** aqueles que já se encontram na natureza sob a forma de agregados (areias, pedregulhos, seixos rolados).

- **Britados:** aqueles submetidos a processos de cominuição para adequarem-se ao uso como agregados para concreto (pedra britada, pedrisco, pedregulho britado).

- **Artificiais:** aqueles derivados de processos industriais (argila expandida e pelletizada)

- **Reciclados:** resíduos industriais granulares que tenham propriedades adequadas ao uso como agregado ou proveniente do beneficiamento de entulho de construção.

2.1.2.2. Classificação quanto à dimensão dos grãos

- **Agregado Graúdo:** segundo a NBR 7211 (ABNT, 2004) é o agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha 152 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha 4,75 mm em ensaio de acordo com a NBR 7217 (ABNT, 1987), com peneiras definidas pela NBR ISO 3310-1 (ABNT, 1996).

- **Agregado Miúdo:** é o agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de

0,075 mm em ensaio de acordo com a NBR 7217 (ABNT, 1987), com peneiras definidas pela NBR ISO 3310-1 (ABNT, 1996).

2.1.2.3. Classificação quanto à massa unitária

- **Leves:** pedra-pomes, vermiculita, argila expandida
- **Normais:** areia, seixos, pedras britadas
- **Pesados:** barita, hematita, limonita

2.1.3. Aditivos

Para se obter um concreto resistente, durável, econômico e de bom aspecto, deve-se estudar:

- as propriedades de cada um dos materiais componentes;
- as propriedades do concreto e os fatores que podem alterá-las;
- a proporção correta e execução cuidadosa da mistura;
- o modo de executar o controle do concreto durante a fabricação e após o endurecimento.

Os aditivos são materiais de fundamental importância para alterar as propriedades do concreto em estado fresco ou endurecido e apesar de estarem divididos em várias categorias, carregam em si dois objetivos, o de ampliar as qualidades de um concreto, ou de minimizar seus pontos fracos (RECENA, 2011).

2.2. FATORES QUE INFLUEM NA QUALIDADE DO CONCRETO

Para obterem-se as características essenciais do concreto, como a facilidade de manuseio quando fresco, boa resistência mecânica, durabilidade e impermeabilidade quando endurecido, é preciso conhecer os fatores que influem na sua qualidade:

- Qualidade dos materiais (materiais de boa qualidade produzem concreto de boa qualidade);
- proporção adequada (deve-se considerar a relação entre as quantidades: de cimento e de agregados, de agregados graúdo e miúdo, água e o cimento);
- manipulação adequada (após a mistura, o concreto deve ser transportado, lançado nas formas e adensado corretamente);

- cura cuidadosa (a hidratação do cimento continua por um tempo longo e é preciso que as condições ambientes favoreçam as reações que se processam).

Desse modo, deve-se evitar a evaporação prematura da água necessária à hidratação do cimento. É o que se denomina cura do concreto (Helene & Andrade, 2007).

2.3. DOSAGEM

2.3.1. Métodos de dosagem

Experimentais:

Partem de alguns parâmetros laboratoriais dos componentes, mas para chegar ao traço final dependem fundamentalmente de experimentos sobre amostras e corpos-de-prova do concreto.

Estabelecem o traço em função de avaliações da resistência e da trabalhabilidade feitas em laboratório. São mais eficientes em custos (do concreto), geram um menor desvio-padrão (Sd).

Não experimentais:

Determinam o traço diretamente a partir do levantamento laboratorial das características dos componentes do concreto: granulometria dos agregados, resistência mecânica do cimento, etc.

Devido à dificuldade de avaliar muitos aspectos dos componentes atuando no conjunto, ocorre uma variação muito grande nos resultados obtidos, implicando em desvio padrão (Sd) muito alto, elevando custo final do concreto. Só são aplicáveis em obras pequenas, onde os custos para um método experimental ficam muito alto.

Método ABCP

Este método de dosagem foi criado na década de 80 pela ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) por meio de experimentos. Como os materiais de construção mudaram muito daquela época para os dias de hoje, o método está desatualizado, não podendo ser utilizado para obter diretamente o traço. A ideia é utilizar o método a fim de que se obtenha um traço-base, moldem-se corpos de

prova e, com os resultados dos ensaios, sejam feitos os devidos ajustes nas dosagens.

O método exige o conhecimento das seguintes informações:

- Tipo, massa específica e nível de resistência aos 28 dias do cimento (ex.: CP II 32 – 32 MPa aos 28 dias);
- Análise granulométrica e massa específica dos agregados;
- Dimensão máxima característica do agregado graúdo;
- Consistência desejada do concreto fresco;
- Resistência de dosagem do concreto (f_{cj}).

Etapas do método:

- Fixar a relação água/cimento (utilizando-se, para isso, o gráfico de resistência normal - requer o conhecimento do tipo de cimento utilizado e a resistência de dosagem requerida);
- determinar o consumo aproximado de água do concreto, (C_a). (Necessita da dimensão máxima característica do agregado graúdo e da consistência desejada);
- determinar o consumo de cimento (C_c) - o consumo de cimento é a relação entre o consumo de água e a relação água cimento;
- determinar o consumo de agregados: consumo de agregado graúdo (C_b) – depende do conhecimento da dimensão máxima característica do agregado graúdo e do módulo de finura do agregado miúdo. O consumo é o produto entre o volume compactado (V_c), a massa unitária do agregado e a proporção do mesmo; Consumo de agregado miúdo (C_m) – obtém-se o volume de agregado (V_m) por meio de fórmula, a quantidade em massa é obtida por meio do produto entre o volume encontrado e a massa específica do agregado miúdo;
- obtém-se o traço dividindo-se todas as massas obtidas pela massa de cimento.

Método IPT/EPUSP

Valor em milímetros do ensaio de abatimento do tronco de cone, escolhido em função do tipo de transporte e dificuldade de aplicação do concreto.

Elemento estrutural	ABATIMENTO em mm	
	Pouco armada	Muito armada
Laje	$\leq 60 \pm 10$ mm	$\leq 70 \pm 10$ mm
Viga e parede armada	$\leq 60 \pm 10$ mm	$\leq 80 \pm 10$ mm
Pilar do edifício	$\leq 60 \pm 10$ mm	$\leq 80 \pm 10$ mm
Paredes de fundação, Sapatas e tubulões	$\leq 60 \pm 10$ mm	$\leq 70 \pm 10$ mm

(Helene/Terzian, 1993)

Para concreto bombeado a consistência deve estar entre 70 e 100 mm.

Dimensão Máxima Característica (DMC) do agregado graúdo:

Determinada pelo construtor, limitada no projeto estrutural através de detalhes levantados em obra, observa-se as distâncias entre as armaduras, as formas e outras, seguindo as regras: (Adotar o menor destes valores).

$DMC \leq 1/3$ da espessura da laje

$DMC \leq 1/4$ da distância entre faces das formas

$DMC \leq 0,8$ do espaçamento entre armaduras horizontais

$DMC \leq 1,2$ do espaçamento entre armaduras verticais

$DMC \leq 1/4$ do diâmetro da tubulação de bombeamento (no caso)

$DMC \leq 1,2$ do cobrimento nominal

Determinação das britas a serem usadas:

Brita de tamanho maior tem, em geral, custo inferior.

Britas comuns são: brita 2 (DMC=25 mm)

brita 1 (DMC=19 mm)

brita 0 (DMC=12,5 mm)

Verifica-se qual o maior tamanho possível de brita que pode-se utilizar, atendendo as limitações da DMC.

Para minimizar os vazios entre os grãos usa-se uma mistura de britas quando é admissível pela DMC.

2.4. CUSTOS DE PRODUÇÃO

A construção civil fundamenta-se em um mercado competitivo, onde a industrialização e racionalização determinam o custo final dos empreendimentos. Estes diferenciais são obtidos pela modulação de projetos e redução de prazo de execução, gerando assim uma economia no processo executivo. Observa-se cada

dia mais a necessidade de ampliação de estudos de técnicas construtivas que viabilizem o aumento da produtividade e a redução de custos.

Até os dias atuais, o processo construtivo por meio da técnica de modelagem de estruturas moldadas in loco é a mais difundida e utilizada no Brasil, mas nota-se uma crescente utilização da pré-moldagem de estruturas devido às suas características de produção que viabilizam o seu uso.

A composição dos custos dos insumos e serviços permite analisar de maneira simplificada o orçamento de uma obra e possibilita a obtenção de índices para composições futuras de empreendimentos de mesmo padrão e apontar possíveis variações de custos.

A Tabela 2 mostra a quantidade de serviço de fôrmas, armação e concretagem, demandados para a execução de 1 m³ de estrutura de concreto armado usual, adotando concepção convencional.

Tabela 2 - Demanda usual de serviços [FONTE: TCPO, PINI 2010]

SERVIÇO	UNIDADE	DEMANDA PARA 1 m ³ DE ESTRUTURA		
		MÍN.	MED.	MÁX.
Fôrmas	m ²	8,01	9,01	12,52
Armação	kg	81,78	91,68	160,00
Concretagem	m ³	1,00	1,00	1,00

A Tabela 3 indica os consumos medianos de mão-de-obra, separadamente para fôrmas, armação e concretagem, mas também conjuntamente para a estrutura de concreto armado como um todo, para o caso de execução de 1 m³ de estrutura de concreto armado. Tal demanda por mão-de-obra para confecção da estrutura é também expressa em termos do metro quadrado de construção.

Demanda usual por mão-de-obra para a confecção da estrutura de concreto armado (por metro cúbico de estrutura e por metro quadrado de construção).

Tabela 3 - Demanda usual por mão-de-obra [FONTE: TCPO, PINI 2010]

DEMANDA POR MÃO-DE-OBRA PARA A EXECUÇÃO DA ESTRUTURA		
SERVIÇO	POR m ³ DE ESTRUTURA	POR m ² DE CONSTRUÇÃO
Fôrmas	5,36	1,34
Armação	4,68	1,10
Concretagem	1,65	0,40
Estrutura como um todo	11,69	2,84

Devido à automatização e à padronização, o custo será menor, incidindo também, indiretamente, na maior velocidade de construção, pois as peças são fabricadas em canteiros organizados racionalmente para este fim, com alto grau de mecanização, o que resulta em economia da mão-de-obra.

3. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Os itens a seguir terão como foco a fabricação e o transporte de concreto utilizado na obra adequação.

No programa experimental deste estudo optou-se por comparar os custos orçados com os custos reais, através do levantamento dos custos com mão de obra, máquinas e equipamentos para fabricação e transporte.

3.1. MATERIAIS

Os materiais utilizados na obra foram o cimento CP IV (da marca Liz), Brita 1, Pó de pedra, Brita 0, areia lavada, água e aditivos.

Os materiais empregados no estudo, bem como sua dosagem foram cuidadosamente monitorados, mantendo-se como variáveis o tempo de carga e a descarga dos caminhões.

3.2. TRAÇOS DOS CONCRETOS

Os traços utilizados para análises foram:

$F_{ck} = 30$ MPa (Concreto Estrutural);

Areia Lavada = 505,00 kg;

Pó de pedra = 227,00 kg;

Brita 1 = 1051,00 kg;

Cimento = 375,00 kg;

Muraplast 110 = 3,00 L;

A/C = 0,53;

$F_{ck} = 30$ MPa Auto Adensável (concreto para estacas);

Pó de pedra = 853,00 kg;

Brita 0 = 366,00 kg;

Brita 1 = 549,00 kg;

Cimento = 410,00 kg;

Muraplast 110 = 3,30 L

Power Flow 1180 = 3,90 L

Centrament Stabi 520 = 6,20 L

A/C = 0,49

Para garantir que o traço atinja a resistência de projeto são feitos ensaios de corpo de prova (Figura 2), conforme mostrado na Figura 3.



Figura 1 – Coleta de corpos de prova de concreto



Figura 2 – Teste de corpo de prova de concreto

3.3. CALCULAR OS CUSTOS

Para calcular os custos de fabricação e transporte de concreto na obra adequação da mineradora, foram utilizadas várias planilhas elaboradas pelos próprios autores deste trabalho.

A alimentação de dados destas planilhas segue de levantamentos de insumos, mão de obra, equipamentos e maquinários, por diversas informações contidas no contrato e CPU (composição de preços unitários) da obra.



Figura 3 – Central de concreto

A primeira etapa foi levantar os custos com mão de obra. Na Tabela 4, no mês de julho de 2013, foram somados os custos da folha de pagamento da central de concreto com os encargos sociais do mês, que chegou ao valor total de R\$ 84.254,58.

Tabela 4 – Gastos com mão-de-obra para fabricação dos concretos no mês de julho de 2013

Folha Central de concreto - FILIAL 071				
Mês	Custo com Salários	Encargos Sociais de CPU	Valor dos Encargos	Total Geral
jul/13	R\$ 36.198,05	132,76%	R\$ 48.056,53	R\$ 84.254,58

A segunda etapa é levantar os custos com equipamentos e máquinas. Na Tabela 5 é mostrado na primeira coluna os códigos utilizados para distinguir cada equipamento. Para calcular os custos totais com equipamentos e máquinas multiplicou-se o valor de cada hora dos equipamentos por quantidade de hora trabalhada no mês de julho 2013. Por exemplo: a usina de concreto tem um custo unitário de R\$ 120,00 por hora e realizou 200 horas de trabalho no mês de junho de 2013 chegando ao custo, neste mês, de R\$24.000,00. Depois de somados todos os

equipamentos, chega-se ao valor total para equipamentos e máquinas no mês de junho 2013, que é de R\$130.416,97.

Tabela 5 – Gastos com equipamentos para fabricação dos concretos no mês de julho de 2013

CUSTOS com Equipamentos e Maquinas da Central de Concreto - Julho/13						
Código do Equipamento	Equipamentos	Gastos com Abastecimentos	Valor hora	Horas trabalhadas	Total	
372806	Usina de Concreto	R\$ -	R\$ 120,00	200,00	R\$ 24.000,00	R\$ 24.000,00
Z - 027	Carregadeira de Pneus	R\$ 3.263,17	R\$ 85,00	200,00	R\$ 17.000,00	R\$ 20.263,17
4546007	Caminhão Betoneira	R\$ 1.392,01	R\$ 80,00	121,00	R\$ 9.680,00	R\$ 11.072,01
4546008	Caminhão Betoneira	R\$ 1.150,92	R\$ 80,00	83,00	R\$ 6.640,00	R\$ 7.790,92
4546013	Caminhão Betoneira	R\$ 1.235,27	R\$ 80,00	100,00	R\$ 8.000,00	R\$ 9.235,27
CB 43 -ITAMIX	Caminhão Betoneira	R\$ 2.071,60	R\$ 130,00	207,00	R\$ 26.910,00	R\$ 28.981,60
CB 61 -ITAMIX	Caminhão Betoneira	R\$ 2.033,99	R\$ 130,00	208,00	R\$ 27.040,00	R\$ 29.073,99
Total gastos com equipamento no mês de junho / 2013 =					R\$ 130.416,97	

Nesta etapa são somados os valores de cada material para se chegar ao custo total com materiais do concreto utilizado na obra. Na Tabela 6, multiplica-se a quantidade em quilos de cada material para obter o traço ao seu preço por quilo. Por exemplo: no concreto Fck = 30 MPa há o consumo de 505,00 Kg de areia a um preço de R\$ 0,0250 por quilo. Assim, o custo total com areia é de R\$ 12,63 por m³. Somado aos outros itens, tem-se um custo total de R\$ 166,30.

Tabela 6 – Custos unitários para fabricação de concreto FCK = 30 Mpa

Materiais Concreto fck 30			Custo total com materiais / M³
Areia			
Qtde	Preço por Quilo	Valor total do Item	
505	R\$ 0,0250	R\$ 12,63	
Pó de Pedra			
Qtde	Preço por Quilo	Valor total do Item	
227	R\$ 0,0440	R\$ 9,99	
Brita 1			
Qtde	Preço por Quilo	Valor total do Item	
1051	R\$ 0,0428	R\$ 44,98	
Cimento			
Qtde	Preço por Quilo	Valor total do Item	
375	R\$ 0,2460	R\$ 92,25	
Muraplast 110			
Qtde	Preço por Quilo	Valor total do Item	
3	R\$ 2,1500	R\$ 6,45	

Na Tabela 7, são mostrados os custos unitários para fabricação de concreto auto-adensável no mês de julho de 2013. Para chegar ao custo total com materiais

por m³ é multiplicado a quantidade de cada material pelo seu preço unitário e depois somado o valor total de cada item. Por exemplo: Pó de Pedra + Brita 0 + Brita 1 + Cimento + Power Flow 1180 + Centrament Stabi 520 + Muraplast 110 = Custo total com materiais para fabricação de concreto auto adensável por m³ (R\$ 225,79).

Tabela 7 – Custos unitários para fabricação de concreto auto-adensável.

Materiais Concreto Auto Adensavel fck 30			Custo total com materiais / M³
Pó de Pedra			
Qtde	Preço por Quilo	Valor total do Item	
853	R\$ 0,0440	R\$ 37,53	
Brita 0			
Qtde	Preço por Quilo	Valor total do Item	
366	R\$ 0,0440	R\$ 16,10	
Brita 1			
Qtde	Preço por Quilo	Valor total do Item	
549	R\$ 0,0428	R\$ 23,50	
Cimento			
Qtde	Preço por Quilo	Valor total do Item	
410	R\$ 0,2460	R\$ 100,86	
Power Flow 1180			
Qtde	Preço por Quilo	Valor total do Item	
3,9	R\$ 6,3500	R\$ 24,77	
Centrament Stabi 520			
Qtde	Preço por Quilo	Valor total do Item	
6,2	R\$ 2,5700	R\$ 15,93	
Muraplast 110			
Qtde	Preço por Quilo	Valor total do Item	
3,3	R\$ 2,1500	R\$ 7,10	

Na Tabela 8, multiplicou-se a quantidade produzida na central pelos seus custos unitários com materiais e chega-se ao valor total por tipo de concreto. Por exemplo: o custo do concreto estrutural é igual a:

$$2.006,0 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 166,30 = \text{R\$ } 333.589,39$$

Tabela 8 – Custos totais com materiais no mês de julho de 2013.

Custos com Materiais no mês de Julho de 2013	
Mês	jul/13
Quantidade de concreto Estrutural utilizada no mês em m ³	2.006,00
Quantidade de concreto Auto Adensavel utilizada no mês em m ³	316,00
Gastos com materiais para fabricação de concreto Estrutural Fck 30 Mpa	R\$ 333.589,37
Gastos com materiais para fabricação de concreto Auto Adensavel	R\$ 71.348,76

A Tabela 9 mostra os custos com usinagem e transporte do concreto. Para calcular este valor são somados os custos com mão de obra e equipamentos. Assim, chega-se a um valor de R\$ 214.671,55 para usinagem e transporte sem materiais no

mês de julho de 2013. Compara-se também, o valor por m³ da usinagem e transporte real com o orçado, chegando a uma diferença de R\$ 53,56 por m³.

Tabela 9 – Custos com usinagem e transporte sem materiais no mês de julho de 2013.

Custo com Usinagem e transporte sem Materiais no mês de Julho de 2013		
Mês		jul/13
Valor total para Produção (Mão de obra + Equipamentos)	R\$	214.671,55
Usinagem e Transporte do concreto Estrutural sem Materiais	R\$	185.456,99
Usinagem e Trp ESTACAS	R\$	29.214,56
Valor / M ³	R\$	92,45
Preço de CPU	R\$	38,89
Diferença / Perda	R\$	(53,56)

Na Tabela 10 são incluídos os valores dos materiais gastos por m³ e tem-se uma diferença de R\$ 1,35.

Tabela 10 – Custos por m³ para fabricação e transporte do concreto estrutural fck = 30 MPa, incluindo os materiais no mês de julho de 2013.

Custo por m ³ para fabricação e transporte no mês de julho de 2013 Concreto Estrutural Fck = 30Mpa		
Mês		jul/13
Custo Real / m ³	R\$	258,75
Orçado / m ³	R\$	257,39
Diferença / m ³	R\$	(1,35)

Na Tabela 11 está incluído o valor dos materiais gastos por m³ e chega-se a uma diferença de R\$ 70,73.

Tabela 11 – Custos por m³ para fabricação e transporte do concreto auto adensável, incluindo os materiais no mês de julho de 2013.

Custo por m ³ para fabricação e Transporte no mês de Julho de 2013 Concreto Auto Adensavel		
Mês		jul/13
Custo Real / m ³	R\$	318,24
Orçado / m ³	R\$	247,51
Diferença / m ³	R\$	(70,73)

Tabela 12 – Custos por m³ para fabricação e transporte do concreto auto adensável, incluindo os materiais no mês de julho de 2013.

Custo para total no mês de julho de 2013, para fabricação e transporte do concreto estrutural (Fck = 30 MPa e Auto Adensável)		
Mês		jul/13
Custo Real	R\$	619.609,68
Orçado	R\$	594.543,64
Diferença	R\$	(25.066,04)

Tabela 13 – Resumo do ano de 2013

Custos Betoneiras Proprias X Alugadas				
Equipamentos	Custo Medio/Mês	Volume Produzido Medio/Mês	Media do Custo / M³	
Betoneira 07	R\$ 15.462,00	376,43	R\$	41,08
Betoneira 08	R\$ 17.327,68	378,29	R\$	45,81
Betoneira 13	R\$ 20.569,16	565,57	R\$	36,37
CB 61 - ITAMIX	R\$ 31.306,29	715,71	R\$	43,74
CB 44 - ITAMIX	R\$ 22.486,36	545,79	R\$	41,20
CB 46 - ITAMIX	R\$ 11.513,03	326,63	R\$	35,25
CB 43 - ITAMIX	R\$ 27.818,27	699,00	R\$	39,80
Media Custos por m³ Betoneiras Proprias =			R\$	40,41
X				
Media Custos por m³ Betoneiras Alugadas =			R\$	38,35

Usinagem e transporte sem aplicação e Bombeamento						
Mês	jun/13	jul/13	ago/13	set/13	out/13	nov/13
Valor total para Prod	R\$ 235.680,37	R\$ 243.338,05	R\$ 282.587,96	R\$ 256.998,21	R\$ 265.073,93	R\$ 314.212,37
Valor / M³	R\$ 106,16	R\$ 64,74	R\$ 103,72	R\$ 85,85	R\$ 50,47	R\$ 71,56
Preço de CPU	R\$ 38,89	R\$ 38,89	R\$ 38,89	R\$ 38,89	R\$ 38,89	R\$ 38,89
Diferença / Perda	R\$ (67,27)	R\$ (25,85)	R\$ (64,83)	R\$ (46,96)	R\$ (11,57)	R\$ (32,66)

Custo Para Fabricação CONCRETO USINA CBM						
	jun/13	jul/13	ago/13	set/13	out/13	nov/13
Qtde. Estrutural	2.016,00	2.511,50	1.817,50	1.726,50	2.260,00	2.581,00
Qtde. Magro			220,50	1.010,00	2.240,50	1.088,50
Qtde. ESTACAS	204,00	1.247,00	686,50	257,00	752,00	721,50
Vr. materiais Estr. Fck 30 Mpa	R\$ 335.252,33	R\$ 417.651,90	R\$ 302.242,62	R\$ 287.109,70	R\$ 375.828,51	R\$ 429.209,46
Vr. materiais Estr. Fck 10 Mpa			R\$ 24.984,94	R\$ 114.443,50	R\$ 253.871,95	R\$ 123.338,37
Vr. Materiais ESTACAS.	R\$ 33.924,34	R\$ 207.370,86	R\$ 114.162,07	R\$ 42.738,02	R\$ 125.054,44	R\$ 119.982,42
Usinagem e Trp Estrutural	R\$ 214.023,26	R\$ 162.603,04	R\$ 188.512,98	R\$ 148.223,62	R\$ 114.053,70	R\$ 184.691,90
Usinagem e Trp Magro			R\$ 22.870,49	R\$ 86.710,60	R\$ 113.069,61	R\$ 77.891,18
Usinagem e Trp ESTACAS	R\$ 21.657,12	R\$ 80.735,01	R\$ 71.204,49	R\$ 22.063,98	R\$ 37.950,61	R\$ 51.629,29
Total Parcial Estrutural	R\$ 549.275,59	R\$ 580.254,94	R\$ 490.755,60	R\$ 435.333,32	R\$ 489.882,21	R\$ 613.901,36
Total Parcial do Magro			R\$ 47.855,43	R\$ 201.154,11	R\$ 366.941,56	R\$ 201.229,55
Total parcial Estacas	R\$ 55.581,46	R\$ 288.105,88	R\$ 185.366,56	R\$ 64.802,01	R\$ 163.005,05	R\$ 171.611,71
	R\$ 604.857,05	R\$ 868.360,82	R\$ 723.977,59	R\$ 701.289,43	R\$ 1.019.828,83	R\$ 986.742,62

Custo para fabricação Concreto Estrutural / m³						
	jun/13	jul/13	ago/13	set/13	out/13	nov/13
Custo Real / m³	R\$ 272,46	R\$ 231,04	R\$ 270,02	R\$ 252,15	R\$ 216,76	R\$ 237,85
Orçado / m³	R\$ 257,39	R\$ 257,39	R\$ 257,39	R\$ 257,39	R\$ 257,39	R\$ 257,39
Diferença / m³	R\$ (15,06)	R\$ 26,35	R\$ (12,62)	R\$ 5,25	R\$ 40,63	R\$ 19,54
Por Mês	R\$ (30.370,42)	R\$ 66.188,68	R\$ (22.943,03)	R\$ 9.056,45	R\$ 91.826,96	R\$ 50.431,10

Custo para fabricação ESTACAS / m³						
	jun/13	jul/13	ago/13	set/13	out/13	nov/13
Custo Real / m³	R\$ 272,46	R\$ 231,04	R\$ 270,02	R\$ 252,15	R\$ 216,76	R\$ 237,85
Orçado / m³	R\$ 247,51	R\$ 247,51	R\$ 247,51	R\$ 247,51	R\$ 247,51	R\$ 247,51
Diferença / m³	R\$ (24,95)	R\$ 16,47	R\$ (22,51)	R\$ (4,64)	R\$ 30,75	R\$ 9,65
Por Mês	R\$ (5.089,90)	R\$ 20.536,13	R\$ (15.452,58)	R\$ (1.192,55)	R\$ 23.120,68	R\$ 6.965,04

Custo para fabricação Concreto Estrutural + ESTACAS						
	jun/13	jul/13	ago/13	set/13	out/13	nov/13
Custo Real	R\$ 604.857,05	R\$ 868.360,82	R\$ 723.977,59	R\$ 701.289,43	R\$ 1.019.828,83	R\$ 986.742,62
Orçado	R\$ 569.396,72	R\$ 955.085,62	R\$ 676.333,90	R\$ 684.840,13	R\$ 1.160.124,04	R\$ 1.033.494,67
Diferença	R\$ (35.460,33)	R\$ 86.724,80	R\$ (47.643,69)	R\$ (16.449,30)	R\$ 140.295,21	R\$ 46.752,05

Custos Betoneiras Próprias X Alugadas - Mês de Nov/2013										
Equipamentos	Vr. Locação	Combustível	Manu. (Aciden)	Ope/Motorista	Alimentação	Moradia	Folga de Campo	Total Parcial	Volume Produzido	Custo / M³
Betoneira 07	R\$ 11.584,00	R\$ 2.182,57	R\$ -	R\$ 4.687,96	R\$ 417,50		R\$ 223,67	R\$ 19.095,70	312,00	R\$ 61,20
Betoneira 08	R\$ 15.440,00	R\$ 1.596,00	R\$ -	R\$ 4.687,96	R\$ 417,50		R\$ 223,67	R\$ 22.365,13	441,50	R\$ 50,66
Betoneira 13	R\$ 15.360,00	R\$ 2.021,39	R\$ -	R\$ 4.687,96	R\$ 417,50		R\$ 223,67	R\$ 22.710,51	634,00	R\$ 35,82
CB 61 - ITAMIX	R\$ 28.357,60	R\$ 2.010,95						R\$ 30.368,55	671,00	R\$ 45,26
CB 44 - ITAMIX	R\$ 28.269,60	R\$ 2.330,53						R\$ 30.600,13	697,50	R\$ 43,87
CB 46 - ITAMIX	R\$ 28.422,40	R\$ 1.995,73						R\$ 30.418,13	672,00	R\$ 45,27
CB 43 - ITAMIX	R\$ 28.297,60	R\$ 2.054,43						R\$ 30.352,03	655,50	R\$ 46,30

Media Custos / m³ Betoneiras Próprias = R\$ 46,25

Media Custos / m³ Betoneiras Alugadas = R\$ 45,78

Traço FCK 30 MPa Utilizado atualmente na obra A/C=0,55	Areia jirau		Areia artificial		Brita 0		Brita 1		Cimento		Muraplast 110		Power Flow 1180		Centra. stabi 520		Total
	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Valor
	505	R\$ 0,03	227	R\$ 0,04	0	R\$ 0,04	1051	R\$ 0,04	375	R\$ 0,25	3	R\$ 2,15	0	R\$ 6,35	0	R\$ 2,57	R\$ 166,30
Novo Traço FCK 30 MPa A/C=0,55	Areia jirau		Areia artificial		Brita 0		Brita 1		Cimento		Muraplast 110		Power Flow 1180		Centra. stabi 520		Total
	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Valor
	540	R\$ 0,03	243	R\$ 0,04	0	R\$ 0,04	1016	R\$ 0,04	364	R\$ 0,25	2,42	R\$ 2,15	0	R\$ 6,35	0	R\$ 2,57	R\$ 162,42
Traço para Estacas Utilizado Atualmente na Obra	Areia jirau		Areia artificial		Brita 0		Brita 1		Cimento		Muraplast 110		Power Flow 1180		Centra. stabi 520		Total
	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Valor
	0	R\$ 0,03	853	R\$ 0,04	366	R\$ 0,04	549	R\$ 0,04	410	R\$ 0,25	3,3	R\$ 2,15	3,9	R\$ 6,35	6,2	R\$ 2,57	R\$ 225,35
Novo Traço para Estacas nº 01	Areia jirau		Areia artificial		Brita 0		Brita 1		Cimento		Muraplast 110		Power Flow 1180		MURAPOR		Total
	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Valor
	0	R\$ 0,03	788	R\$ 0,04	720	R\$ 0,04	240	R\$ 0,04	385	R\$ 0,25	2,57	R\$ 2,15	5,45	R\$ 6,35	0,385	R\$ 36,35	R\$ 224,60
Novo Traço para Estacas nº 02	Areia jirau		Areia artificial		Brita 0		Brita 1		Cimento		Muraplast 110		Power Flow 1180		MURAPOR		Total
	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Valor
	0	R\$ 0,03	767	R\$ 0,04	731	R\$ 0,04	244	R\$ 0,04	400	R\$ 0,25	2,67	R\$ 2,15	5,66	R\$ 6,35	0,4	R\$ 36,35	R\$ 230,10
Novo Traço para Estacas nº 03	Areia jirau		Areia artificial		Brita 0		Brita 1		Cimento		Muraplast 110		Power Flow 1180		Entrament stabi 520		Total
	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Valor
	0	R\$ 0,03	796	R\$ 0,04	749	R\$ 0,04	250	R\$ 0,04	400	R\$ 0,25	2,67	R\$ 2,15	4,53	R\$ 6,35	4,8	R\$ 2,57	R\$ 223,02
Traço 45 MPa nº 01 A/C = 0,4	Areia jirau		Areia artificial		Brita 0		Brita 1		Cimento		Muraplast 110		Power Flow 1180		MURAPOR		Total
	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Valor
	403	R\$ 0,03	181	R\$ 0,04	0	R\$ 0,04	1045	R\$ 0,04	525	R\$ 0,25	3,5	R\$ 2,15	0	R\$ 6,35	0	R\$ 36,35	R\$ 199,44
Traço 45 MPa nº 02 A/C = 0,475	Areia jirau		Areia artificial		Brita 0		Brita 1		Cimento		Muraplast 110		Power Flow 1180		MURAPOR		Total
	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Qtde	Valor	Valor
	492	R\$ 0,03	221	R\$ 0,04	0	R\$ 0,04	1033	R\$ 0,04	421	R\$ 0,25	2,81	R\$ 2,15	0	R\$ 6,35	0	R\$ 36,35	R\$ 175,84

TRAÇOS CENTRAL DE CONCRETO		
Concreto Estrutural		
Descrição	Un.	Valor
Traço FCK 30 MPa Utilizado atualmente na obra A/C=0,55	R\$/M³	R\$ 166,30
Novo Traço FCK 30 MPa A/C=0,55	R\$/M³	R\$ 162,42
Economia com novo traço	R\$/M³	R\$ 3,87
Estimativa de Concreto Restante para Obra	M³	50.000,00
Economia Total com novo Traço 30MPa =	R\$	R\$ 193.600,00
Concreto para Estacas		
Traço para Estacas Utilizado Atualmente na Obra	R\$/M³	R\$ 225,35
Novo Traço para Estacas nº 01 com Utilização de Murapor FCK = 20MPa	R\$/M³	R\$ 224,60
Novo Traço para Estacas nº 02 com Utilização de Murapor FCK = 20MPa	R\$/M³	R\$ 230,10
Novo Traço para Estacas nº 03 FCK = 30Mpa sem Murapor	R\$/M³	R\$ 223,02
Economia com Traço nº 01	R\$/M³	R\$ 0,75
Economia com Traço nº 02	R\$/M³	R\$ (4,75)
Economia com Traço nº 03	R\$/M³	R\$ 2,32
Estimativa de concreto restante para Obra	M³	2.000,00
Economia Total com Traço nº 01 =	R\$	R\$ 1.500,50
Economia Total com Traço nº 02 =	R\$	R\$ (9.503,00)
Economia Total com Traço nº 03 =	R\$	R\$ 4.649,60

4. ANÁLISES E CONCLUSÃO

Ao longo do ano de 2013, houve uma perda na usinagem e no transporte dos dois concretos, estrutural Fck = 30 MPa e auto-adensável de R\$ 65,84/m³. Porém, quando são somados os materiais destes às suas fabricações, essa perda se reduz para R\$ 13,63/m³ e R\$ 23,52/m³.

Ao se avaliarem os custos de uma alternativa, não se deve levar em consideração somente os consumos de materiais, e sim todos os aspectos pertinentes ao processo construtivo, tais como: mão-de-obra, tempo de execução, recursos e materiais necessários. Para uma avaliação mais completa, deve-se fazer, também, uma análise das implicações que cada alternativa acarreta na qualidade final da obra.

O modelo adotado na central de concreto foi competitivo para as estruturas da obra da mineradora, porém havia espaço para maior redução dos custos, caso houvesse uma diminuição nas perdas por transporte.

O custo apresenta muitas variáveis que não são facilmente controladas pelo engenheiro.

Há ainda o aspecto do projeto que pode inviabilizar uma determinada alternativa, devido às suas particularidades e imposições.

Por isso, este trabalho não tem a intenção de generalizar os resultados apresentados, mas se bem extrapolados podem auxiliar na estruturação de alternativas para redução de custo na produção de concreto estrutural de alto desempenho.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Araújo, R.C.L.;Rodrigues, E.H.V.; Freitas, E.G.A. Materiais da Construção. Rio de Janeiro, Editora Universidade Rural, 2000, 203p.
- 2) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Guia básico de utilização do cimento Portland. 3º ed. São Paulo, 1997.
- 3) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5732: cimento Portland comum. Rio de Janeiro, 1991.
- 4) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5733: cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991.
- 5) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5735: cimento Portland de alto-forno. Rio de Janeiro, 1991.
- 6) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5736: cimento Portland pozolânico. Rio de Janeiro, 1991.
- 7) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5737: cimento Portland resistente a sulfatos. Rio de Janeiro, 1992.
- 8) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994.
- 9) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto e execução de obras de concreto armado. Rio de Janeiro, 2003.
- 10) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6467: agregados – Determinação do inchamento de agregado miúdo. Rio de Janeiro, 1987.
- 11) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7222: argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994.
- 12) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7251: agregado em estado solto – Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1982.
- 13) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7810: agregado em estado compactado e seco – Determinação da massa unitária. Rio de Janeiro, 1983.
- 14) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11578: cimento Portland composto. Rio de Janeiro, 1991.
- 15) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12989: cimento Portland branco. Rio de Janeiro, 1993.
- 16) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13116: cimento Portland de baixo calor de hidratação. Rio de Janeiro, 1991.
- 17) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 18: cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2001.

- 18) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 23: cimento Portland – análise química - Determinação de perda ao fogo. Rio de Janeiro, 2004.
- 19) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 26: agregados – Amostragem. Rio de Janeiro, 2001.
- 20) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 33: concreto – Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro, 1998.
- 21) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52: agregado miúdo – Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2003.
- 22) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 53: agregado graúdo – Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2003.
- 23) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67: concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone – método de ensaio. Rio de Janeiro, 1998.
- 24) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 68: concreto – Determinação da consistência pelo espalhamento na mesa de Graff. Rio de Janeiro, 1998.
- 25) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- 26) BARBOSA, M.P; BOSCO, A.R.C.; BERTO, R.B.; SALLES, F.M. Um estudo das características e propriedades do concreto auto-adensável (CAA). In: 44° CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO. CD-ROM, Belo Horizonte, 2002.
- 27) BARTOS, P.J.M. Measurement of key properties of fresh self-compacting concrete. In: CEN/STAR PNR Workshop. Paris, 2000.
- 28) BARTOS, P.J.M.; SÖDERLIND, L. Environment and ergonomics. In: Brite EuRam Program: Rational production and improved working environment through using self-compacting concrete. Task 8.5, p.1-31, 2000.
- 29) Bawer, L. A. F. Materiais de construção, vol. II, xx ed, editora, cidade, 1997.
- 30) Giammusso, S., Manual do Concreto. São Paulo: PINI, 1992.
- 31) Helene, Paulo. Andrade, Tibério. Concreto de Cimento Portland. In: ISAIA, Geraldo Cechella. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. São Paulo: Ibracon, 2007.
- 32) Mehta, P. K. ; Monteiro, P. J. M. Concreto: Estruturas, propriedades e materiais. 1ª Ed. PINI, São Paulo-SP. (1994).
- 33) Neto, Cláudio Sbrighi. Agregados para Concreto. In: ISAIA, Geraldo Cechella. Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo: Editora Ibracon, 2005.

- 34) Recena, Fernando Antonio Piazza. Dosagem e controle de qualidade de concretos convencionais de cimento Portland. 3ª edição, Porto Alegre: EDIPUCRS, 2011. 120 p. – (Série Engenharia; 7)
- 35) Rodrigues, Públio Penna Firme. Parâmetros de dosagem do concreto. Associação Brasileira de Cimento Portland, ET-67 2a edição. 1995, SP/Brasil.
- 36) TCPO: tabelas de composições de preços para orçamentos. – 13ª ed. – São Paulo: Editora Pini, 2010.
- 37) Tisaka, Maçahiko, Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução. São Paulo: Editora Pini, 2006.