

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE CONSTRUÇÃO CIVIL CURSO DE
TECNOLOGIA EM CONSTRUÇÃO CIVIL

MIGUEL FERNANDES PEREIRA

**ESTUDO SOBRE OS TIPOS DE CIMENTOS COMERCIALIZADOS
EM CAMPO MOURÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2012

MIGUEL FERNANDES PEREIRA

**ESTUDOS SOBRE OS TIPOS DE CIMENTOS COMERCIALIZADOS
EM CAMPO MOURÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à Disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Construção Civil da Coordenação de engenharia de Civil – COECI, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Sérgio Roberto Oberhauser Quintanilha Braga

CAMPO MOURÃO
2012



Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Coordenação de Engenharia Civil

TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso Nº ESTUDO SOBRE OS TIPOS DE CIMENTOS COMERCIALIZADOS EM CAMPO MOURÃO

Por

MIGUEL FERNANDES PEREIRA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 19h30 min do dia 25 de outubro de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de **TECNOLOGIA EM CONSTRUÇÃO CIVIL**, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Msc. Adalberto Luiz
Rodrigues de Oliveira
(UTFPR)**

**PROF^a.DR^a. Fabiana Goia Rosa de
Oliveira
(UTFPR)**

**Prof. Sergio Roberto Oberhauser
Quintanilha Braga.
(UTFPR)
*Orientador***

Responsável pelo TCC: **Prof. Msc. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:
Prof.^a Dr^a. Fabiana Goia Rosa de Oliveira

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico este trabalho ao meu
pai já falecido, a minha mãe,
minha esposa e filhas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, a Nossa Senhora do Rocio, a minha ES-POSA e FILHAS, meus familiares e amigos de trabalho.

Ao professor orientador Sérgio Roberto Oberhauser Quintanilha Braga, que me ajudou e contribuiu para a elaboração desse trabalho.

Ao técnico de laboratório Fábio Kruger e aos professores que me apoiaram nos momentos de maiores dificuldades.

RESUMO

PEREIRA, Miguel F. **Estudo dos cimentos comercializados em Campo Mourão**. 2012,40f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Tecnologia em Construção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2012.

O presente trabalho tem como objetivo verificar a qualidade de algumas marcas de cimentos Portland comercializados na cidade de Campo Mourão, Paraná, no período de março de 2012. Os experimentos realizaram-se no laboratório de concreto da Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UTFPR). Foram realizados experimentos para aferição da resistência à compressão, finura e tempo de pega a norma prescrita NBR 7215. Verificaram-se que logo após a realização dessa pesquisa houve a variação de resistência aos 28 dias de cada tipo de cimento. Os resultados dos ensaios são apresentados no decorrer deste trabalho, sendo a parte teórica de vital importância para a pesquisa.

Palavras chave: Cimento Portland, resistência, corpo de prova, ensaios.

ABSTRACT

This study aims to determine the quality of some brands of Portland cement sold in Campo Mourao, Parana, during March 2012. The experiments were performed in the laboratory of concrete Federal University of Technology- Parana (UTFPR). Experiments were carried out to measure the compressive strength, fineness and take the time prescribed standard NBR 7215. There were soon after the completion of this research was the variation of resistance at 28 days of each type of cement. The test results are presented in this paper, and the theoretical part of vital importance for research.

Keywords: Portland cement, endurance, body of evidence, trials.

LISTA DE FIGURAS

figura 1 - Fabricação de cimento Portland.....	20
figura 2 - Aparelho de vicat	41
figura 3 - Detalhamento da pesagem das areias	44
figura 4 - Argamassadeiras de cimento.....	44
figura 5 - Moldagem de corpo de prova.....	45
figura 6 -Tanque d`água.....	46

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Crescimento de venda de cimento no Brasil	30
Gráfico 2 - consumo aparente no Brasil	31
Gráfico 3 - Resistência à compressão do cimento Itambé	55
Gráfico 4 - Resistência à compressão do cimento Ribeirão	55
Gráfico 5 - Resistência à compressão do cimento CAUÊ	56
Gráfico 6 - Resistência à compressão do cimento Votoran.....	56
Gráfico 7 - Dados comparativos entre os cimentos esaiados.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela1 - Principais compostos do cimento Portland.....	21
Tabela 2 - Composição do cimentos Portland comuns e compostos	24
Tabela 3 - Composição do cimentos Portland de alto forno	24
Tabela 4 - Composição do cimento pozolânicos	25
Tabela 5 - Composição do cimento portlandde alto resistência inicial	26
Tabela 6 - Composição do cimento portland branco	27
Tabela 7 - Os principais tipos de cimentos do Brasil.....	28
Tabela 8 - Dados sobre as vendas de cimento nop território Brasleiro	30
Tabela 9 - Previsões de crescimentode consumo Brasil.....	30
Tabela 10 - Produção de cimento no Brasile produção consumo aparente no Paraná 2004 à 2010 em toneladas	31
Tabela 11 - maiores consumidores de cimento (Milhões de toneladas	32
Tabela 12 –Velocidade do misturador para o ensaios de preparaãoda argamassa ... normal	42
Tabela13 – Idade da rupetura e suas determinação tolerancias.....	46
Tabela14 – Cimento para ensaios.....	47
Tabela 15 – Cimento retido na peneira	48
Tabela 16 – Ensaio tempo de pega.....	48
Tabela 17 - Resistências à compressão do cimento Itambé 3 dias	49
Tabela 18 - Resistências à compressão do cimento Itambé 7 dias	49
Tabela 19 - Resistências à compressão do cimento Itambé 32 dias	49
Tabela 20 - Resistências à compressão do cimento Ribeirão 3 dias	50
Tabela 21 - Resistências à compressão do cimento Ribeirão 7 dias	50
Tabela 22 - Resistências à compressão do cimento Ribeirão 32 dias	51

Tabela 23 - Resistências à compressão do cimento CAUÊ 3 dias	51
Tabela 24 - Resistências à compressão do cimento Ribeirão 7 dias	52
Tabela 25 - Resistências à compressão do cimento Ribeirão 32 dias	52
Tabela 26 - Resistências à compressão do cimento votoran 3 dias	53
Tabela 27 - Resistências à compressão do cimento votoran 7 dias	53
Tabela 28 - Resistências à compressão do cimento votoran 32 dias	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

mm	Milímetros
m/s	Metros por Segundo
Coef.	Coeficiente
A/C	Fator água/cimento
NBR	Norma Brasileira
CP	Corpo de prova cilíndrico de 5 x 10cm

LISTA DE SÍMBOLOS

F	índice de finura do cimento %
R	resíduo do cimento na peneira em $75 \mu g$
M	massa inicial do cimento em g
C	Fator da correção da peneira utilizada na ensaio
L	Altura da amostra (cm)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 HISTÓRIA DO CIMENTO.....	18/
3.1.1 HISTÓRIA DO CIMENTO NO BRASIL.....	20
3.2 CARACTERÍSTICA DO CIMENTO PORTLAND	21
3.3 APLICAÇÕES	22
3.3.1 CIMENTO PORTLAND COMUM CPI (NBR5732)	22
3.3.2 CIMENTO PORTLAND COM ADIÇÃO CPI (NBR5732)	22
3.3.3 CIMENTO PORTLAND CPII-E COMPOSTO COM ESCORIA GRANULADA DE ALTO FORNO (NBR11578)	22
3.3.4 CIMENTO PORTLAND CPI-Z COMPOSTO COM ADIÇÃO DE MATERIAL POZOLÂNICO (NBR11578)	23
3.3.5 CIMENTO PORTLAND CPI-Z COM ADIÇÃO DE MATERIAL CARBONATICO FILER (NBR11578)	23
3.3.6 CIMENTO PORTLAND ALTO-FORNO CPIII ESCÓRIA (NBR5735)	24
3.3.7 CIMENTO PORTLAND CPIV COM POZOLÂNICO (NBR 6736)	24
3.3.8 CIMENTO PORTLAND PV ARI ALTO FORNO RESISTÊNCIA INICIAL (VN-BR5733)	25
3.3.9 CIMENTO DE BAIXO CALOR DE HIDRATAÇÃO BC- (NBR13116)	26
3.3.10 CIMENTO PORTLAND BRANCO CPB (NBR12. 989).....	26
3.3.11 CIMENTO PARA PÓ CÓS PETROLÍFEROS.....	27
3.4 MERCADO DO CIMENTO NO BRASIL	29
3.4.1 PRODUÇÃO DE CIMENTO NO ESTADO DO PARANÁ	31
3.4.2 MERCADO DO CIMENTO NO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO.....	32
3.5 PROPRIEDADES DE ÍNDICE DOS CIMENTOS PORTLAND	33
3.5.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CIMENTO PORTLAND	33
3.5.2 TEMPO DE PEGA.....	33
3.5.3 FINURA DO CIMENTO	34
3.6 INOVAÇÃO NO CIMENTO.....	35

4 MATERIAIS E MÉTODOS	37
4.1 Determinação de finura peneira 75µm (n°200)NBR11579	37
4.2 Determinação da água da pasta de consistência normal (NBR11580)	38
4.3 Determinação de tempo de pega do cimento (NBR11581)	41
4.4 Determinação da resistência à compressão (NBR 7215).....	42
4.5 Preparação dos corpos-de-prova conforme (NBR1215)	43
5 RESULTADOS E DISCURSÕES	47
6CONCLUSÕES	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	59
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo expor pesquisa realizada na cidade de Campo Mourão, estado do Paraná, com diversos tipos de cimentos, sendo eles: Itambé, Ribeirão, Cauê e Votoran. As pesquisas realizadas objetivaram-se avaliar a qualidade dos cimentos Portland fornecidos e comercializados em Campo Mourão. Foram realizados ensaios de resistência à compressão, finura do cimento e tempo de pega.

O cimento é um dos materiais mais utilizados nas construções, pois, abrange as diversas fases da construção civil. Sendo ele o produto mais utilizado pelo homem, superado apenas pela água. Por ser o cimento um aglomerante mineral, o contato com a água faz dele um ligante devido as suas propriedades hidráulicas. Portanto, esse tipo de material em composição com a água resulta em processo físico-químico tornando-se um material sólido, com grande potencial de resistência mecânica.

O cimento um dos materiais presentes em qualquer tipo de obra, dessa forma é de vital importância possuir conhecimento técnico normativo, para que este seja utilizado corretamente nas obras de pequeno e grande porte.

Com os ensaios realizados em laboratório, foram obtidos resultados no qual foi possível analisar a finura através da peneira $75\mu\text{m}$ (nº 200), o tempo de pega, e a resistência à compressão do cimento que serão relatados ao longo deste trabalho.

2 OBJETIVOS

O Objetivo geral desta pesquisa foi avaliar a qualidade dos cimentos Portland comercializados no município de Campo Mourão através de ensaios normalizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), bem como conhecer o mercado consumidor local deste produto.

2.1 Objetivos Específicos:

- Conhecer as marcas e tipos normalizados mais utilizados;
- Realizar ensaio de finura;
- Realizar ensaio de tempo de início de pega;
- Avaliar a resistência à compressão do cimento Portland.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 História do cimento

O cimento é um dos materiais mais utilizados na construção civil. Sua utilização é essencial em obras de pequeno e grande porte, visto que:

Cimento, na acepção geral da palavra, pode ser considerado todo o material com propriedades adesivas e coesivas capaz de unir fragmentos e minerais entre si de modo a formar um todo compacto “(NEVILLE, 1997, p.23)

Portanto, o cimento possui um montante de agregados para que ele se transforme em um material resistente. O cimento já existe há algum tempo, ele foi criado não com esse nome, devido a necessidade que os antigos egípcios tiveram, pois:

Os antigos egípcios usavam impuro calcinado. Os gregos e romanos usavam calcário calcinado e aprenderam, posteriormente misturando cal e água, areia e pedra fragmentada, tijolos ou telhas em caco. Foi o primeiro concreto da história. A argamassa de cal não endurece embaixo d'água e, para construções submersas, os romanos trituravam cal conjuntamente com cinzas vulcânicas ou telhas de barro cozidas finamente trituradas” (NEVILLE, 1997, p.23)

Dessa forma, perceberam a necessidade de se transformar um produto que já era utilizado para adequá-lo a outras necessidades: “A sílica ativa e a alumina das cinzas reagia com a cal produzindo o que hoje se conhece como cimento pozolânico, devido ao nome da cidade de Pozzuoli, próximo do Vesúvio, onde as cinzas vulcânicas foram encontradas pela primeira vez” (NEVILLE, 1997, p. 23).

No contexto histórico o cimento foi se desenvolvendo conforme as possibilidades de descobertas e experimentos iam surgindo. Os seres humanos, sempre em progressão, buscam aprimorar os objetos que eles mesmos constroem. Com o cimento não foi diferente: “Na Idade Média, houve um declínio geral na qualidade e uso do cimento e somente no século XVIII se registrou um avanço da tecnologia desse material” (NEVILLE, 1997, p.23).

Com isso percebeu-se que a tecnologia se faz muito importante no processo de construção. Desde a Idade Média, a renovação dos produtos facilita o trabalho do ser humano e este com suas experimentações foi realizando outras descobertas, pois:

“Seguiu-se o desenvolvimento de outros cimentos hidráulicos, como o cimento romano, obtido por James Parker calcinando nódulos de calcário argilosos, culminando com patente do cimento Portland registrada em 1824 por John Aspdin, um pedreiralcário extraído em Dorset – é usado no mundo todo até hoje para designar um cimento obtido pela mistura em proporções apropriadas de materiais calcários e argilosos, ou outros materiais contendo sílica, alumina e óxido de ferro aquecido até a temperatura e clínquerização, moendo-se o clínquer resultante. A definição de cimento Portland em várias normas segue essa linha, incluindo também que deve se adicionar gesso depois da queima; hoje em dia, outros materiais também podem ser adicionados ou misturados” (NEVILLE, 1997, p.24).

Com isso, foi possível compreender como surgiu o cimento Portland e percebeu-se que ele é constituído por alguns agregados minerais, calcário, argila e gesso e esses materiais são essenciais para sua composição, visto que:

“Os materiais crus (argila e calcário) moídos finamente e intimamente misturados, são aquecidos até princípio de fusão (cerca de 1400 °C), em grandes fornos rotativos que podem ter até 90 m de comprimento por 3,5 de diâmetro. O material parcialmente fundido que sai destes fornos é chamado clínquer. O clínquer é resfriado e misturado com uma pequena quantidade (2% a 3%) de gesso bruto ou moído. Essa mistura é, então, reduzida a um pó muito fino em grandes moinhos de bolas: é o cimento Portland do comércio”(TARTUCE, GIOVANNETTI, 1990, p.28)

Portanto, o cimento Portland depois de realizado o seu processo de fabricação está pronto para ser comercializado. No entanto, se esse cimento não for utilizado adequadamente, principalmente com o fator água pode haver alteração em sua resistência, pois:

Quando o cimento Portland é misturado com água suficiente para formar uma pasta, os seus componentes reagem, formando produtos cristalinos e outros de aparência gelatinosa, que aderem aos grãos de areia, tornando-se muito duros. Quando a pasta é conservada úmida, as reações podem persistir por anos; assim, o produto continua cada vez mais resistente, durante um longo período de tempo (TARTUCE, GIOVANNETTI, 1990, p. 28).

Realizado esses procedimentos corretamente, o cimento Portland transforma-se em um componente resistente e durável.

Figura-1 Fabricação de cimento Portland

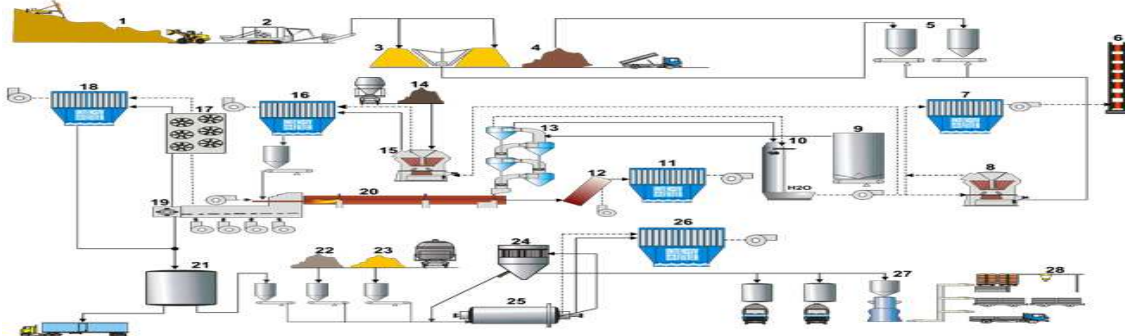


Figura -1Fábrica de cimento

1 Pedreira, 2 Britador, 3 Homogeneização da matéria- prima, 4 Agregados, 5 Silo de alimentação do moinho de cru 6 Chaminé, 7 Filtro de Mangas para fornos e para moinho de cru, 8 Moinho vertical de farinha, 9 Silo de farinha de cru, 10 Torre de condicionamento, 11 Filtro para by pass, 12 Câmara de mistura do by pass, 13 Torre de pré- aquecimento, 14 Carvão, 15 Moinho vertical para carvão, 16 Filtro de Mangas para moagem de carvão, 17 Rastreador de gases tubular, 18 Filtro de mangas para o resfriador de clínquer, 19 Resfreador de clínquer, 20 forno rotativo, 21 Silo de clínquer, 22 gesso, 23 Minerais, 24 Separador, 25 Filtro para moagem de cimento, 26 Ensacadeira , Paleação.

3. 1.1 A História do cimento no Brasil

Como já foi citado anteriormente sobre a história do cimento, que ele foi se aperfeiçoando conforme o avanço da tecnologia e necessidade do ser humano teve grande importância também no Brasil:

No Brasil, a primeira tentativa de aplicar os conhecimentos relativos à fabricação do cimento Portland ocorreu aparentemente em 1888, quando o comendador Antônio Proost Rodovalho empenhou-se em instalar uma fábrica em sua fazenda Santo Antônio estado de São Paulo (BATTAGIN, 2008).

No Brasil também houve vários experimentos para se implantar indústrias de cimento Portland, sem êxito, pois:

A usina Rodovalho operou de 1897 a 1904, voltando em 1907 e extinguindo-se definitivamente em 1918. (BATTAGIN, 2008)

Mesmo com todas as dificuldades que ocorreram para a implantação de indústrias de cimento Portland, a usina Rodovalho foi um incentivo para outras instalações como a implantação pela Companhia Brasileira de Cimento Portland de uma

fábrica em Perus, estado de São Paulo, cuja construção pode ser considerada como o marco da implantação da indústria brasileira de cimento “(BATTAGIN, 2008)”.

3.2 Características do cimento Portland

O cimento Portland possui quatro compostos e demonstram reações diferentes no seu processo de hidratação: o C_3S refere-se ao Silicato tricálcico; o C_2S ao Silicato dicálcico; o C_3A ao Aluminato Dicálcico e o C_4AF :

“No C_3S a hidratação começa dentro de poucas horas, desprende-se calor; o composto anidro vai passando para a solução, aparecendo cristais de $Ca(OH)_2$, enquanto uma massa gelatinosa de silicato hidratado se forma em torno dos grãos originais”. (PETRUCCI, 1998, p.13).

Portanto, esse processo se diferencia dos outros por ser o responsável da resistência nas primeiras idades. “O C_2S é atacado lentamente pela água; depois de semanas os cristais se cobrem de silicato hidratado. Formando também $Ca(OH)_2$, porém em menor quantidade que na hidratação de C_3S ”.(PETRUCCI, 1998, p.13 “Já nesse processo o C_2S é o responsável no processo de endurecimento em idades mais avançadas.” O C_3A reage rapidamente com a água e cristaliza em poucos minutos. Não se produz hidróxido, mas aluminato hidratado. O calor de hidratação é tanto que quase seca a massa”. (PETRUCCI, 1998, P.13).

Dessa forma, o C_3A contribui para a resistência especificamente no primeiro dia. “O C_4AF reage menos rapidamente que o C_3A . Não libera calor e forma também um aluminato hidratado”. (PETRUCCI, 1998, p.14).

O composto químico C_4AF tem como característica de não influenciar no fator resistência. Essas composições estão detalhadas na tabela abaixo.

Tabelas 1 - Principais compostos do cimento Portland

NOME DO COMPOSTO	COMPOSIÇÃO EM ÓXIDOS	ABREV
Silicato tricálcico (Alita)	$3CaO \cdot SiO_2$	C_3S
Silicato dicálcico (Belita)	$2CaO \cdot SiO_2$	C_2S
Aluminato tricálcico (Fasel)	$3CaO \cdot Al_2O_3$	C_3SA
Ferroaluminato tetracálcico	$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$	C_4AF

Fonte: (NEVILLE, 1998)

Os silicatos dos cimentos não são compostos puros, mas contêm óxidos secundários, em pequenos teores, em solução sólida. Estes óxidos têm efeitos significativos nos arranjos atômicos, formações cristalinas e nas propriedades hidráulicas dos silicatos.

3.3 Aplicações

3.3.1 Cimento Portland Comum CPI (NBR5732).

Um tipo de cimento Portland sem quaisquer adições além do gesso, é muito adequado para o uso em construções de concreto em geral quando não há exposição a sulfatos do solo ou de águas subterrâneas. O uso em serviços de construção em geral, quando não são exigidas propriedades especiais do cimento.

3.3.2 Cimento Portland Comum com (adição) CPI_S (NBR5732).

O cimento Portland Comum com Adições CP I-S, com 5% de material pozo-lânico em massa, recomendado para construções em geral, tem as mesmas características do cimento Portland comum CPI. Os cimentos Portland compostos tanto por escória, pozolana ou filler, geram calor a uma velocidade menor do que o gerado pelo cimento Portland comum. .

Dessa forma, esses são mais indicados para se usar em lançamentos maciços de concreto, no qual ocorre o grande volume de concretagem e a superfície relativamente pequena reduz a capacidade da massa. Os cimentos Portland compostos de escória, pozolana ou filler, apresentam melhor resistência ao ataque dos sulfatos contidos no solo.

3.3.3 Cimento Portland CII-E Composto com escória granulada de alto forno (NBR 11578).

Cimento Portland CII-E recomendado para estruturas que exijam um desenvolvimento de calor moderadamente lento ou que possam ser atacadas por sulfatos.

3.3.4 Cimento Portland CP II-Z composto com adição de material pozolânico. (NBR 11578).

O cimento Portland Pozolânico, é o aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland pozolana sem adição de outra substância. As pozolanas são matérias silicosas ou silico-aluminosas, naturais ou artificiais. Que contém um elevado teor de sílica em forma reativa, numa forma não cristalina, finalmente pulverizada, capaz de reagir na presença de água em temperatura normal, forma compostos com propriedades aglomerantes, (Kloss, 1996) do cimento pozolânico é empregado em obras civis gerais, subterrâneas, marítimas, concretos simples, armados, protendido, artefatos de cimento, elementos pré-moldados

3.3.5. Cimento Portland Composto CP II-F com adição de material carbonático-fíller. (NBR 11578).

Cimento Portland Composto CP II-F-tem sua utilização em geral. Pode ser usado no preparo de argamassas de assentamento, revestimento, argamassa armada, concreto simples, armado, protendido, projetado, rolado, magro, elementos pré-moldados e artefatos de concreto, pisos e pavimentos de concreto, solo-cimento, dentre outros.

Tabela 2 - Composições dos cimentos Portland comuns e compostos

Tipo de cimento Portland	Sigla	Composição (% em massa)				Norma Brasileira
		Clínquer + gesso	Escória granulada de altoforno (sigla E)	Material pozolânico (sigla Z)	Material carbonático (sigla F)	
Comum	CP I	100	-	-	-	NBR 5732
	CP I-S	99-95	1-5	-	-	
Composto	CP II-E	94-56	6-34	-	0-10	NBR 11578
	CP II-Z	94-76	-	6-14	0-10	
	CP II-F	94-90	-	-	6-10	

Fonte: autor

2.3. 6 Cimento Portland de Alto Forno CP III com escória – (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, maior impermeabilidade e durabilidade, sendo 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, pistas de aeroportos, etc.) como também para aplicação geral em argamassas de assentamento e revestimento, estruturas de concreto simples, armado ou protendido.

Tabela 3 - Composição dos cimentos Portland de alto-forno

Tipo de cimento Portland	Sigla	Composição (% em massa)				Norma Brasileira
		Clínquer + gesso	Escória granulada de altoforno	Material pozolânico	Material carbonático	
Alto-Forno	CP III	65-25	35-70	-	0-5	NBR5735

Fonte: o autor

2. 3.7 Cimento Portland CP IV (com pozolânico-NBR 5736)

O cimento Portland CP IV com pozolanas. É especialmente indicado em obras expostas à ação de água corrente e ambientes agressivos. O concreto feito com este produto se torna mais impermeável, mais durável, apresentando resistência mecânica à compressão superior à do concreto feito com Cimento Portland Comum.

Tabela - 4 Composição dos cimentos pozolânicos

Tipo de cimento	Sigla	Composição (% em massa)				Norma Brasileira
		Clínquer + gesso	Escória granulada de alto-forno	Material pozolânico	Material carbonático	
Pozolânico	CP IV	CP IV	-	15-50	0-5	NBR 5736

Fonte: o autor

2.3. 8 Cimento Portland CP V ARI ,Alta Resistência Inicial –(NBR 5733)

Cimento de adição pozolânico, contém uma dosagem diferente de calcário e argila na produção do clínquer valores aproximados de resistência à compressão de 26 MPa a 1 dia de idade e de 53 MPa aos 28 dias, que superam em muito os valores normativos de 14 MPa, 24 MPa e 34 MPa para 1, 3 e 7 dias, respectivamente.

O CP V ARI é recomendado no preparo de concreto e argamassa para produção de artefatos de cimento em indústrias de médio e pequeno porte, como fábricas de blocos para alvenaria, blocos para pavimentação, tubos, lajes, meio-fio, postes, elementos arquitetônicos pré-moldados e pré-fabricados.

Pode ser utilizado no preparo de concreto e argamassa em obras desde as pequenas construções até as edificações de maior porte, e em todas as aplicações que necessitem de resistência inicial elevada e desforma rápida. O desenvolvimento dessa propriedade é conseguido pela utilização de uma dosagem diferente de calcário e argila na produção do clínquer, e pela moagem mais fina do cimento. Assim, ao reagir com a água o CP V ARI adquire elevadas resistências, com - Cimento Portland CP (RS) - (Resistente a sulfatos - NBR 5737)

O CP-RS oferece resistência aos meios agressivos sulfatados, como redes de esgotos de águas servidas ou industriais, água do mar e em alguns tipos de solos. Pode ser utilizadas em concreto dosado em central, concreto de alto desempenho, obras de recuperação estruturais e industriais, concretos projetados, armados e protendido, elementos pré-moldados de concreto, pisos industriais, pavimentos, argamassa armada, argamassas e concretos submetidos ao ataque de meios agressivos, como estações de tratamento de água e esgotos, obras em regiões litorâneas,

De acordo com a norma NBR 5737, cinco tipos básicos de cimento - CP I, CP II, CP III, CP IV e CP V-ARI - podem ser resistentes aos sulfatos, desde que se em Teor de aluminato tricálcico (C_3) do clínquer e teor de adições carbonáticas de no máximo 8% e 5% em massa, respectivamente.

Tabela - 5 Composição do cimento Portland de alta resistência inicial

Tipo de cimento Portland	Sigla	Composição (% em massa)		Norma Brasileira
		Clínquer + gesso	Material carbonático	
Alta Resistência Inicial	CP V-ARI	100-95	0-5	NBR 5733

Fonte: o autor

2.3.9 Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação BC - (NBR 13116)

O Cimento Portland BC é designado por siglas e classes de seu tipo, acrescidas de BC. Por exemplo: CP III-32 (BC), este tipo de cimento tem a propriedade de retardar o desprendimento de calor em peças de grande massa de concreto, evitando o aparecimento de fissuras de origem térmica, devido ao calor desenvolvido durante a hidratação do cimento.

3.3.10 Cimento Portland Branco (CPB) - (NBR 12989)

O Cimento Portland Branco diferencia-se dos demais devido a sua coloração. Sua cor branca é obtida a partir das matérias primas com baixo teor de óxido de

ferro e manganês, em condições especiais durante fabricação. Bem como o resfriamento e moagem do produto, principalmente pela utilização do caulim no lugar da argila

O Estrutural: é aplicado em concretos brancos para fins arquitetônicos, com classes de resistência 25, 32 e 40. O não estrutural: não tem indicações de classe e é aplicado, por exemplo, em rejuntamento de azulejos e em aplicações não estruturais.

Tabela - 6 Composição dos cimentos Portland branco

Tipo de cimento	Código de identificação (sigla + classe)	Composição (% em massa)		Norma Brasileira
		Clínquer branco + gesso	Material carbonático	
Branco estrutural	CPB-25 CPB-32 CPB-40	100-75	0-25	NBR 12989
Branco não estrutural	CPB	74-5	26-5	

Fonte: o autor

3.3.11 Cimento para poços petrolíferos

O cimento para poços petrolíferos constitui um tipo de cimento Portland de aplicação bastante específica, ou seja, cimentação de poços petrolíferos.

O consumo desse tipo de cimento é pouco expressivo, quando comparado aos outros tipos de cimentos normalizados no país.

O cimento para poços petrolíferos (CPP) é regulamentado pela NBR 9831 e na sua composição não se observam outros componentes além do clínquer e do gesso para retardar o tempo de pega. No processo de fabricação do cimento para poços petrolíferos são tomadas precauções para garantir que o produto conserve as propriedades reológicas (plasticidade) necessárias nas condições de pressão e tem-

peratura elevadas presentes a grandes profundidades, durante a aplicação nos poços petrolíferos.

TABELA - 7 Os principais tipos cimentos do Brasil

Siglas	Tipos de cimentos	Classe de resistência (MPa)	Norma Brasileira
CPI	Cimento Portland comum	25, 32,40	NBR-5732
CPI-S	Cimento Portland comum com adição		
CPII-E	Cimento Portland composto com escória de alto forno	25,32,40	11578
CPII-Z	Cimento Portland composto com pozolona		
CPII-F	Cimento Portland composto com filler		
CPIII	Cimento Portland de alto forno	25,32,40	5735
CPIV	Cimento Portland pozolônico	25,32	5736
CPU-ARI	Cimento Portland alta resistência inicial		5733
CPU-ARI RS	Cimento Portland de alta resistência inicial resistente a sulfatos		5737
BC	Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação		
CPB	Cimento Portland Branco		

Fonte: o autor

Como foram citados acima os tipos de cimentos que se comercializam no Brasil se faz muito importante que se conheça os tipos de cimentos que existem em outros países, como por exemplo, nos Estados Unidos, pois:

Com o conhecimento das reatividades relativas dos produtos de hidratação dos compostos individuais, é possível especificar cimentos com características especiais: alta resistência baixo ou moderado calor de hidratação e alta ou moderada resistência ao sulfato. Da mesma forma, a norma americana ASTM C150, Standard Specification for Portland Cement, abrange os oito tipos de cimento Portland (MEHTA, MONTEIRO, 2008, p.228)

Portanto, logo abaixo a classificação dos tipos de cimentos dos Estados Unidos.

Tipo I - Utilizado quando não se exigem propriedades especiais especificadas para qualquer outro tipo. Não há limites impostos para nenhum dos quatro compostos principais;

Tipo IA – Cimento Tipo I com incorporador de ar, quando o ar incorporado é necessário (por exemplo, para fazer concreto resistente ao congelamento).

Tipo II – Para o uso geral, especialmente quando resistência moderada ao sulfato é necessária. O teor de C_3A do cimento é limitado a um máximo de 8%. Um limite máximo adicional de 58% d soma do C_3S e C_3A também se aplica quando um calor de hidratação moderado é necessário não há dados de ensaio disponíveis para o calor de hidratação.

Tipo II A – Cimento tipo II com incorporador de ar, quando o ar incorporado é desejado.

Tipo III – Utilizado quando é necessária alta resistência inicial. Para assegurar que a alta resistência não se deva principalmente ao produto de hidratação do C_3A , a norma limita o teor de C_3A no cimento em no máximo 15%.

Tipo IIIA – Cimento Tipo III com incorporador de ar, quando o ar incorporado é desejado.

Tipo IV - Usado quando necessário baixo calor de hidratação. Com o C_3S e o C_3A produzem altos calores de hidratação, e o C_2S produz calor um pouco mais baixo, a norma determina limites máximos de 35% e 7% para C_3S e C_3A respectivamente, e exige um mínimo de 40% para C_2S .

Tipo V – Usado quando é necessária alta resistência a sulfato. A norma estabelece um limite máximo de 5% de C_3A a ser aplicado quando o ensaio de expansão de sulfato não é exigido.

3.4 Mercado de cimento no Brasil

No Brasil as vendas de cimento tiveram um crescimento considerável em relação anos anteriores, visto que: "Dados das indústrias divulgados pelo SNIC, indicam a venda nacional de cimento em março (5,9 milhões de toneladas) cresceu 18,8% comparado ao mesmo mês do ano passado (5,0 milhões de toneladas)" (NÚCLEO, 2012) Abaixo Prossegue tabelas sobre os dados de vendas de cimento no Brasil.

Tabela -8 Dados sobre as vendas de cimento no território brasileiro

ORIGEM DO DESPACHO	Dezembro (1.000ton.)		dez /10 dez /11
	2010	2011	
Norte	316	312	-,25%
Nordeste	994	1.068	7,3%
Centro Oeste	488	521	6,8%
Sudeste	2.320	2.313	0,3%
Sul	732	807	10,2%
Venda do mercado interno	4.850	5.021	3,5%

Fonte: SNIC, 2012

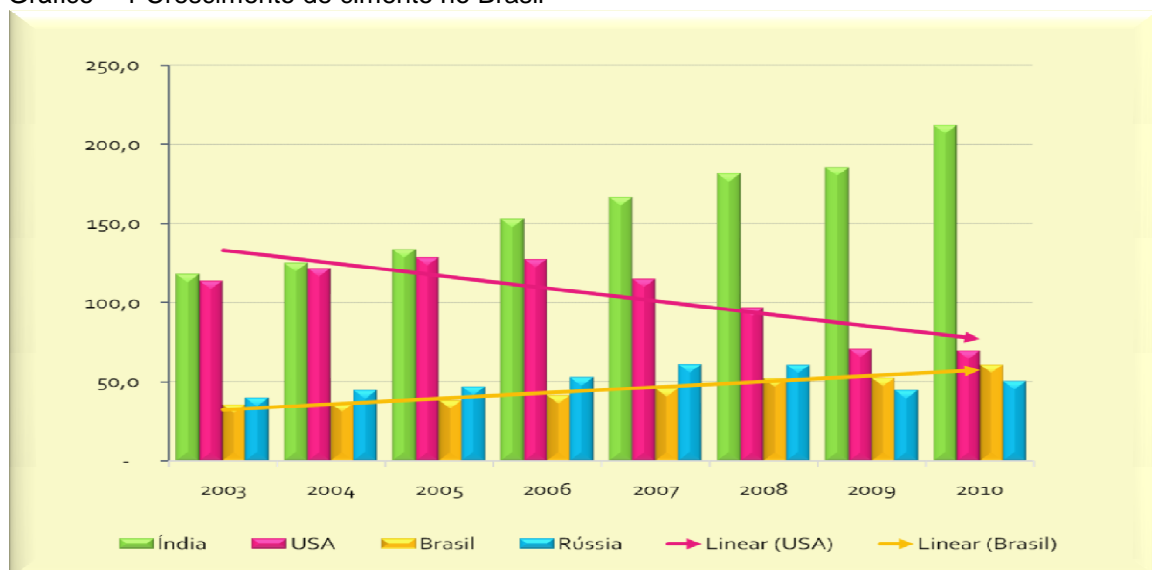
Tabela - 9

Previsões de Crescimento Consumo Brasil

Anos	Varição do PIB (%)	Varição Consumo (%)	Consumo de Cimento (10 ³ Ton)
2003	0,55	-	34.884
2004	5,70	2,4	35.734
2005	3,20	5,4	37.666
2006	4,00	8,9	41.027
2007	5,70	9,8	45.054
2008	5,10	14,0	51.365
2009	-0,20	0,6	51.892
2010	6,50	15,6	60.008
2011	5,00	7,0	64.208
2012	5,00	10,0	70.628
2013	5,00	5,0	74.160
2014	5,00	8,0	89.093

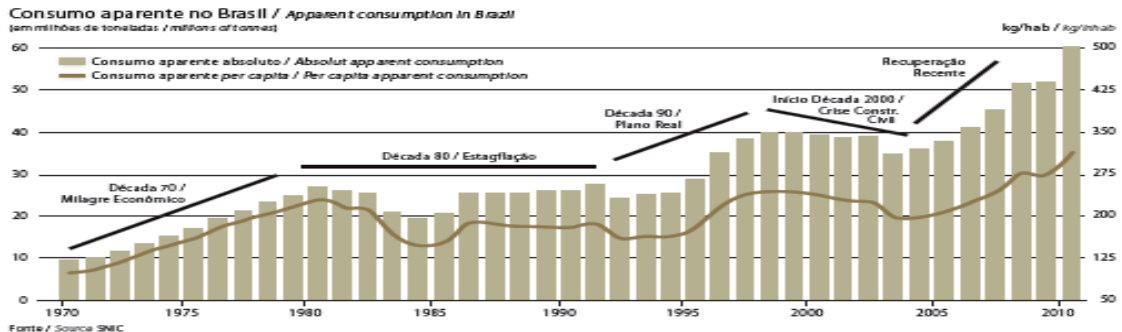
Fonte: SNIC, 2012

Gráfico – 1 Crescimento de cimento no Brasil



Fonte: cimento. Org, 2012

Gráfico – 2 Consumo aparente no Brasil



Fonte: Source SNIC

3.4.1 Produção de cimento no estado do Paraná

O Paraná se faz muito importante no território brasileiro como produtor de cimento, pois:

“O Paraná é um importante produtor de cimento, respondendo por cerca de 10% da produção nacional. Em 2008 o Paraná produziu 5,31 milhões de toneladas de cimento e em 2009 produziu 5,33 milhões de toneladas, das quais a Cimento Rio Branco do grupo Votorantin, com unidade em Rio Branco do Sul, responsável por 76% da produção estadual. O restante foi produzido pela empresa Cimento Itambé, com unidade em Balsa Nova e mineração em Campo Largo. (MINEROPAR, 2012)

Em 2010 o Paraná produziu 5,68 milhões de toneladas de cimento, participando com 9,6% da produção nacional que foi de 59,0 milhões de toneladas, no mesmo ano o consumo aparente no Paraná foi de 3,75 milhões de toneladas, com crescimento de 21,1% em relação a 2009. A diferença entre produção e consumo foi exportada. (MINEROPAR, 2012)

Tabela - 10 Produções de cimento no Brasil e produção, consumo aparente no Paraná, 2004 a 2010 em toneladas.

2004		2005	2006	2007	2008	2009	2010
35.897	Produção Brasil	38.608	41.801	46.436	51.884	51.747	59.039
4.059	Produção Paraná	4.018.	3.922	4.547	5.312	5.332	5.684
11,3	Participação % do Paraná no Brasil	10,4	9,4	9,8	10,2	10,3	9,6
2.260	Consumo aparente Paraná	2.226	1.960	2.318	3.001	3.092	3.745.

Fonte-(MINEROPAR, 2012)

Segundo os dados do SNIC a China é o principal produtor de cimento da Ásia e do mundo, sozinha é responsável por mais 50% do total de todo o cimento produzido. Para se ter uma idéia de proporção, o Brasil, 5º colocado no ranking, tem uma participação de, apenas, 1,75%, produzindo, em média, 58 milhões de toneladas (2010) e com previsão de fechar 2011 com cerca de 62 milhões de toneladas produzidas.

Entre os maiores consumidores de cimento do mundo, a China, também, continua na liderança, passou de 1 bilhão de toneladas de consumo em 2005 e em 2010 deverá ultrapassar os 2 bilhões de toneladas. O Brasil, surpreendentemente já ocupa a 4ª posição do ranking mundial em consumo de cimento e poderá ultrapassar os Estados Unidos ainda este ano, ou em 2012, caso as previsões otimistas para o Brasil e não tão positivas para os EUA se mantenham.

Tabela -11 Maiores consumidores de cimento (milhões de toneladas)

Países	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	% cresc.
China	857,8	961,9	1058	1218,1	1345,3	1369,9	1600,0	1851,0	116%
Índia	117,8	124,8	133,7	152,6	166,4	181,5	185,1	212,0	80%
USA	113,5	121,3	128,3	127,4	114,8	96,8	70,5	69,0	-39%
Brasil	34,9	35,8	37,7	41,1	45,1	51,6	51,9	60,0	72%
Mundo	1124.3	1243.8	1337.7	1539.2	1671.6	1699.8	1907.5	2192.0	64%

Fonte: SNIC, 2012

3.4.2 Mercado de cimento no município de Campo Mourão

Assim como no Brasil, e no Paraná em Campo Mourão também houve um incremento do consumo de cimento recentemente. Informações colhidas nos principais estabelecimentos comerciais do tipo no município permitem avaliar o mercado de cimento local em aproximadamente mil e quinhentos sacos de cinquenta quilos por dia. A distribuição deste consumo se dá da seguinte forma: comércio varejista, quatro principais fornecedores aproximadamente mil sacos dia e as duas concretei-

ras duzentos e cinquenta sacos dia cada.Os principais comerciantes varejistas comercializam cimentos tipo CII.As concreteiras utilizam CIV.

3.5Propriedades índice dos Cimentos Portland

3.5.1 Resistência à compressão do cimento Portland

Segundo Neville a resistência a compressão dos cimentos é a principal característica a ser aferida na qualificação do produto, normalmente os cimentos com boa resistência à compressão apresentam bons índices nas demais características – permeabilidade, durabilidade etc.

A resistência à compressão do cimento é determinada por meio da ruptura do corpo-de-prova, moldado com cimento e areia normalizada (NBR 7214). Dessa forma: “Quase todos adotam cubos de arestas de 5 a 7 cm, predominando esta última dimensão. Apenas no Brasil e no Uruguai empregam-se corpos-de-prova de forma cilíndrica. No Brasil o corpo-de-prova é um cilindro de 10 cm de altura por 5 cm de diâmetro” (BAUER, 2008,p. 44).

Ou seja, o cimento é testado em sua resistência a compressão por meio de ensaios de corpos-de-prova com ruptura nas idades de 3, 7, e 28 dias para adquirir varias requisitos em função de uma estrutura que é suportar força.

3.5.2 Tempo de pega do cimento

Os ensaios de tempo de pega do cimento são determinados por meio de uma pasta que consiste em avaliar a evolução das propriedades mecânicas da pasta no inicio do processo de endurecimento com uma característica do cimento que são transferidos para o concreto. “O fenômeno da pega do cimento compreende a evolução das propriedades mecânicas da pasta no início do processo de endurecimento, propriedades essencialmente físicas, conseqüente, entretanto, a um processo químico de hidratação. É um fenômeno artificialmente definido como o momento em que a pasta adquire certa consistência que a torna imprópria a um trabalho. Tal con-

ceituação se estende, evidentemente, tanto à argamassa quanto aos concretos nos quais a pasta de cimento está presente e com missão aglutinadora dos agregados.”(BAUER, 2008,p. 42)

3.5.3 Finura do cimento

O grau da finura do cimento exerce influência na hidratação, também sob desenvolvimento de calor, em sua retração e aumento de resistência à compressão com a idade. As finura do cimento naturalmente é definida no seu processo de fabricação

A finura do cimento é um fator importante que afeta a velocidade de liberação do calor, particularmente nas primeiras idades. Quanto maior a finura, maior a geração de Calor. (TEZUKA, 1988 p. 23).

Segundo Tezuka, “finura do cimento também influi no desenvolvimento das resistências mecânicas do concreto”. (1988, p.27)

3.5.4 Efeitos da temperatura

Uma das influências que ocorre na velocidade hidratação de qualquer tipo de cimento é o fator temperatura e finura do cimento, Nos períodos de baixas temperaturas frequentemente acontece o retardamento de pega do concreto, tendo como consequência a queda da resistência nas idades iniciais, não possibilitando a desforma de peças estruturais Dessa forma, deve manter-se a integridade das peças e a eficiência do processo produtivo nos períodos e temperaturas abaixo de 15°C.

Portanto, “a quantidade de calor liberado é chamada de calor de hidratação e é bastante importante para a evolução das resistências”. Por isso, quando trabalhamos em um ambiente com baixas temperaturas, inferiores a 15°C, ou com água de dosagem do concreto com temperaturas abaixo de 20°C, geram o chamado "baixo nível de calor de hidratação", que causa o retardamento das resistências iniciais. TECHNE 2012.

Relatou-se no período de cura dos corpos-de-prova uma queda de temperatura na cidade de Campo Mourão como os “termômetros registraram na madrugada do dia 28 de março as temperaturas mais frias do ano em Campo Mourão. Segun-

do o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) - ligado à estação climática da Felcilm- a mínima ficou em 11°C, durante a madrugada. As temperaturas medidas pelo instituto Simepar foram ainda menores, na casa dos 9.7°C. Segundo o Simepar a temperatura da manhã do dia 29 de março prevê a mínima na casa dos 7°C, 12°C e a máxima não passará dos 24°C ". (TRIBUNA, 2012)

Especial atenção deveria ser tomada visto que a localidade apresenta temperaturas inferiores a 23°C durante boa parte do ano e associado ao consumo de cimento com adição de pozolana pode retardar o endurecimento dos concretos sobremaneira conforme pode ser constatado através dos experimentos desenvolvidos neste trabalho.

Segundo Braga e Sonoda (1983) a adição de pozolana no cimento pode retardar o endurecimento dos concretos. O mesmo autor explica que em grandes obras que são utilizados grande volume de concreto como usina Hidrelétrica, é importante a instalação de uma central de refrigeração para agregados e produção de gelo, como ocorreu no obra da usina Itaipu Binacional.

Na refrigeração dos agregados o "ar é refrigerado em um evaporador e insuflado ao redor de -17°C à meia altura, através de dutos, nos silos dos agregados graúdos, retorna por outro duto, à temperatura de 3°C."(BRAGA E SONODA ,1983, p.31).

Braga e Sonoda ainda relatam sobre importância da fabricação de gelo em escama, a ser adicionado como água de amassamento do concreto. O gelo é fabricado em escamas de 1,5 mm de espessura, à temperatura ao redor de -10°C (1983, p.31).

3.6 Inovação no cimento

Na atualidade já existe uma renovação na construção civil que discorre sobre: "Um pequeno bloco de aspecto liso e cor cinza escuro, chama a atenção entre os frequentadores do Laboratório de nanomateriais do Departamento de Física da UFMG. Em desenvolvimento há cerca de um ano, o produto, um tipo de nanocomposto cuja síntese valeu-se da rota inédita, apresenta-se como maior inovação tecnológica para o cimento desde que o concreto protendido começou a ser fabricado há 80 anos" (VIEIRA,2008,).

Dessa forma, compreende-se que as pesquisas estão cada dia mais avançadas para a que construção civil obtenha maior qualidade em todos os seus aspectos, em especial com o cimento, pois: “Denominado nanocompósito do cimento nanotubo de carbono, tem potencial para atuar como redutor de porosidade e reforço estrutural do cimento, com resistência até três vezes superior à dos materiais convencionais. Registro do pedido para a patente nacional do material já foi obtido, e além do seu promissor uso na construção civil, deverá agora passar por série de avaliações para especificar propriedades e conjunto de suas aplicações”(VIEIRA, 2008).

Portanto, esses estudos e inovações na construção civil somente enriquecem a área, visto que as pesquisas são aprofundadas e surge nesse contexto uma nova ciência que é: “A nanotecnologia (ou como muitas vezes chamado Nanotech) é o estudo de manipulação da matéria numa escala atômica e molecular. Geralmente lida com estruturas com medidas entre 1 a 100 nanômetros em ao menos uma dimensão, e inclui o desenvolvimento de materiais ou componentes está associada a diversas áreas (como, medicina, eletrônica, ciência da computação, física, química, biologia e engenharia dos materiais) de pesquisa e produção na escala nano (escala atômica). O princípio básico da nanotecnologia é a construção de estruturas e novos materiais a partir de átomos (os tijolos básicos da natureza).”. (NANOTEKNOLOGIA, 2008)

O surgimento dessa descoberta é um avanço em relação aos custos posteriores de uma obra, pois: “A produção de nanotubo de carbono é realizada na UFMG, sob a coordenação de Luiz Orlando Ladeira desde 2000 o trabalho conduzido no Laboratório de nanomateriais atende as demandas dos grupos de pesquisa em nanociências de todo o país. Apresentando estrutura cilíndrica formada por átomos de carbono, o diâmetro dos nanotubos não ultrapassa a bilionésima fração do metro (um nanômetro). Os nanotubos de carbono são 50 vezes mais resistentes à ruptura que o melhor fio de aço até hoje produzido”(VIEIRA, 2008).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

No proposto estudo em laboratório, avaliaram-se quatro marcas de cimentos, em relação à resistência à compressão, tempo de pega, fator a/c: cimento, determinação da finura peneira 75 μ m (n^o 200), com as seguintes marcas: Itambé CII-Z-32, cimento Ribeirão CII-Z -32, cimento CAUÊ CII-E -32, cimento Votoran CII-Z- 32.

Essas marcas de cimentos comercializaram-se nos depósitos de Campo Mourão (Depósito Marinho, Depósito Polegar, Depósito Ivaiporã, Depósito Mosca). A areia que foi agregada com cimento originou-se, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo (IPT). Partiram-se dos dados coletados e realizaram-se ensaios laboratoriais, para viabilizarem-se os resultados dos cimentos citados anteriormente, segundo determinação das normas a seguir:

4.1 Determinação da finura peneira 75 μ m (n^o 200). NBR11579

Definições

Finura da peneira 75 μ m - percentagem de cimento em massa cujos grãos são superiores a 75 μ m.

Cálculo da determinação da finura peneira 75 μ m.

Equipamentos

1. Cronômetro
2. Balança com resolução de 0,01g;
3. Peneira com abertura de malha de 0,075 mm com fundo e tampa;
4. Bastão de PVC com diâmetro de 20 mm e comprimento de 250mm;
5. Pincel com largura de 30 mm e de 5mm a 6mm;

Ensaio

Peneiramento Manual

1. Colocar a amostras sobre a tela da peneira que estar encaixada no fundo;

2. Promover agitação até que os grãos mais finos passem quase que totalmente pela tela -3min a 5min
3. Tampar a peneira,retirar o fundo e dar golpes suaves no rebordo exterior com o bastão;
4. Limpar, com pincel de 30mm, toda a superfície inferior da tela;
5. Encaixar o fundo na peneira e continuar o peneiramento por mais 15 min,a 20min;
6. Colocar a tampa e continuar com peneiramento ,inclinando o conjunto 60s;
7. Limpar da tela da peneira com pincel 30 mm;
8. Repetir a operação até a massa de cimento que passa durante um minuto de peneiramento contínuo seja inferior a 0,05g;
9. Determinar a massa do material retido na peneira;

Calcular o índice da finura da peneira do cimento pela expressão

$$F = \frac{RXC}{M} \times 100$$

Onde:

F= índice de finura do cimento, em percentagem

R= resíduo retido na peneira 0,075mm, em gramas

C= fator de correção da peneira utilizada no ensaio

M= massa inicial do cimento

4.2 Determinação da água da pasta de consistência normal. (NBR 11580)

Definições

As pastas de cimento, com índice de consistência normal, constituem uma mistura padronizada de cimento e água que apresentam propriedades reológicas constantes, sendo utilizada para a retificação de duas importantes características do cimento Portland: o tempos de pega e fim de pega.

Materiais

- 1- Balança, com resolução de 0,1 g e capacidade para 1 Kg.
- 2- Cimento 500±0,1g,
- 3- Misturador mecânico com capacidade para 5 litros.
- 4- Cronômetro com precisão de 1 segundo.
- 5- Espátula de aço. 20x 200 mm.
- 6- Espátula flexível,
- 7- Forma tronco-cônica, em PVC com diâmetro superior de 70± 1 mm e inferior de 80±1 mm, espessura da parede ≥8±1 mm.
- 8- Placa de vidro com 100 mmx100mmx 6mm altura.
- 9- Aparelho de Vicat padronizadas.
- 10- Água
- 11- Placa de borracha 20x30cm.

Cálculo

$$C_N = \frac{M_a}{M_c} \times 100(\%)$$

C_N = Consistência normal

M_a = massa d'água

M_c = massa de cimento

Procedimento:

a) Preparar a massa

O cimento a ser ensaiado, deve estar livre de algum aglomerante, devendo o produto ser passado pela peneira 150 assim ser determinada sua massa para o ensaio.

b)- Água:

A massa de água utilizada deverá ser aferida com precisão de 0,01g, e sua massa determinação será obtida por tentativas. As massas referenciais situam-se entre 120 e 150g de água. Este parâmetro é apenas referencial, podendo em alguns casos variar.

c)- Mistura Mecânica:

Adicionar primeiramente no misturador mecânico, a água. E lentamente coloca-se o cimento, depois aciona-se cronômetro e aguarda-se 30 segundos. Passados 30 segundos iniciais, ligar na velocidade baixa (140 ± 5) rpm, cronometrando o tempo por mais 30 segundos.

Desligar o misturador, durante 15 segundos fazer a raspagem nas laterais do misturador todo à pasta no fundo do misturador com o uso de espátula flexível, acumulando toda a pasta no fundo do misturador. Deixar a amostra em repouso por 105 segundos.

Após os 105 segundos ligar o misturador por mais 60 segundos na velocidade alta.

d)- Enchimento do moldes:

Após a mistura, colocar parte da pasta no molde com auxílio da espátula, espalhando esta camada no interior do molde sobre a placa de vidro.

O excesso de pasta deverá ser razado, com um movimento de vai e vem na superfície do molde.

e) Medida de consistência

Após a moldagem e seus acabamentos, o conjunto moldes / vidro deverá ser acondicionado no centro da base do aparelho de vicat. Desloque a sonda suavemente até a superfície da pasta, quando a sonda estiver em contato com a pasta aperte o parafuso de fixação, prendendo a sonda. Solte a sonda e por força do próprio peso da sonda ela irá penetrar na pasta. Cronometrando-se um período de 30 segundos do início da penetração. Após este tempo, prende-se a sonda dando início a leitura. A pasta será considerada como pasta de consistência normal. Quando a leitura na escala estiver dentro dos seguintes limites (6 ± 1)mm

Figura 2: Aparelho de Vicat



Fonte: o autor

4.3 Determinação de tempo de pega do cimento (NBR 11581)

Definições

Ocorrem dois fenômenos químicos importantes no processo de endurecimento dos aglomerantes

1. Início de pega, acontece um aumento brusco da viscosidade.
2. Fim de pega, ocorre uma progressiva e regular transformação da pasta iniciando o endurecimento, no qual o material toma características pétreas, ao final da pega tem início o endurecimento do aglomerante.

Nessa fase utilizamos dois termos específicos.

1. Início da Pega: Momento que decorre do lançamento da água de amassamento ao momento em que a pasta de aglomerante com sua consistência normal permite a penetração da agulha de Vicat até 1 mm do fundo da forma.
2. Fim da pega: Momento que decorre do lançamento da água de amassamento ao momento na qual a aplicação da agulha de Vicat sobre a superfície da pasta de consistência normal, não deixando vestígios apreciáveis.
3. Falsa pega: Fenômeno que se manifesta durante ou após o amassamento, no qual ocorre um brusco endurecimento da pasta de cimento Portland, sem despreendimento de calor, isso pode ser com a continuação do amassamento por um tempo maior, não devendo ocorrer prejuízo da pega normal e da resistência final da pasta.

Erros na execução e resultados do ensaio:

- a) Misturador mecânico, fora dos padrões, com desalinhamento de pá e cuba;

- b) Velocidade do misturador fora dos padrões exigidos pela norma, conforme tabela abaixo.

Tabela -12- Velocidade do misturador para o ensaio de preparação da argamassa normal

Velocidade	Rotação da pá	Movimento Planetário
Baixa	(140+-5) rpm	(62+-5) rpm
Alta	(285+-5) rpm	(125+-5) rpm

Fonte: o autor

- c) Erros de tempo;
 d) Massa incorreta da haste móvel;
 e) Atrito causado por impurezas;
 f) Conjunto de equipamentos montados em superfície irregular;

4.4 Determinação da resistência à compressão (NBR 7215)

Na composição dos concretos e argamassas o cimento é responsável pela resistência, por meio da confecção de uma argamassa padronizada, o método visa comprovar essa resistência do cimento. No entanto, a areia utilizada para tal ensaio deve estar prescrita de acordo com a NBR 7214/82 (areia normal para ensaios de cimento).

A amostra de cimento deverá ser acondicionada em embalagem com fechamento hermético. Caso haja um período de 24 horas entre a amostragem do material e a execução do ensaio, o cimento deverá ser mantido em local protegido.

Os cimentos necessários no preparo da argamassa, moldagem dos corpos-de-prova cura e rompimento, utilizados para o ensaio de resistência à compressão, foram baseados nas normas NBR (7215) e MB1(1991)

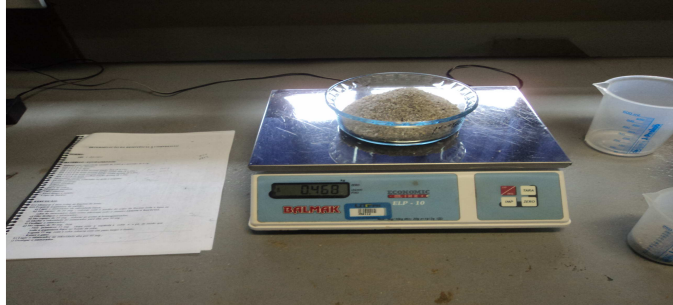
4.5 Preparação dos corpos - de -prova conforme NBR 7215:1996

No ensaio da argamassa padronizada todos os moldes utilizados deverão ter suas dimensões internas aferidas com uso do paquímetro, os moldes devem obedecer aos padrões exigidos pelas normas. Os mesmos recebem uma leve camada de óleo antes de se efetuar a mistura. Brevemente após o amassamento o preenchimento dos moldes com maior rapidez possível. Argamassa sempre perto dos moldes, por meio de uma espátula preenche o mesmo em procedimentos em quatro frações iguais $1/4$, cada fração recebendo trinta golpes alternados com soquete padrão. Tendo um adensamento uniforme. Havendo na quarta fração um excesso de argamassa deve rasar o topo dos moldes, utilizar uma régua metálica no sentido vai e vem. Os corpos de provas todos permanecem 48 horas nos moldes em câmara fria protegidos seus topos com placas de vidro. Desmoldando os mesmos fazer marcações deve ser imersos em um tanque de água.

Materiais/ equipamentos:

- Balança com capacidade mínima de 1000g e precisão de 0,1g;
- $624 \pm 0,4$ g de cimento;
- $300 \pm 0,2$ g de água,
- $468 \pm 0,3$ g de areia fração fina (#0,15);
- $468 \pm 0,3$ g de areia normal fração média fina (#0,30);
- $468 \pm 0,3$ g de areia de normal de fração grossa (#0,60);
- $468 \pm 0,3$ g de areia normal grossa (#1,20);
- Misturador mecânico;
- Moldes cilíndricos, colarinho ou gola e soquete;
- Prensa universal;
- Régua metálica;
- Paquímetro;
- Placa de vidro;
- Espátula metálica
- Óleo mineral
- Pano limpo;
- Copo de Becker;

Figura-3 Detalhamento da pesagem das areias



Fonte: o autor

Figura -4 Argamassadeira de cimento



Fonte: o autor

Execução:

- Misturar a seco todas as frações de areia;
- Preparar a argamassa padrão
 1. Ligar o misturador na velocidade baixa;
 2. No espaço de 30 seg. colocar com auxílio do copo Becker toda a água na cuba do misturador, bem como adicionar todo o cimento (anote o horário)
 3. Não desligar o misturador;
 4. No espaço de 30 segundo; colocar as areias já homogeneizadas;
 5. Mudar a velocidade do misturador para alta, por 30 segundo;
 6. Desligar o misturador;
 7. No espaço de 90 segundo. Faça:
 8. Nos primeiros 15 segundos. Raspe com a espátulas a cuba e a pá, de modo que toda a argamassa fique no fundo da cuba;
 9. Esperar 75 segundo com a cuba coberta com um pano limpo e úmido;

10. Retire o pano;
11. Ligar o misturador na velocidade alta por 60 segundo;
12. Desligar o misturador.

Procedimento

Figura 5: Moldagem de corpo de prova



Fonte: o autor

- Moldagem

- a) Untar com óleo a parte interna dos moldes
 - b) Colocar a argamassa nos moldes com o auxílio de espátulas, em quatro camadas ($1/4+1/4+1/4+1/4$), promovendo em cada camada 30 golpe uniforme e homogeneamente distribuídos pela superfície, para isso use o soquete;
 - c) Rasar todos os topos com o auxílio da régua;
 - e) Identificar no topo para posterior reconhecimento;
- Cura inicial;

a) Os corpos-de-prova após moldados, serão levados a câmara úmida com temperatura constante de $23\pm 2^{\circ}\text{C}$. E com umidade relativa do ar $\geq 95\%$, durante um período de 24 horas, com a face superior protegidas.

b) Cura final

Terminando o período de cura inicial, os corpos-de-prova deverão ser desmoldados, numerados, agrupados de acordo com a idade de rompimento.

- . Cura final;
- a) Desformar os corpos de prova;

- b) Identificar melhor (marcar com giz de cera na superfície lateral);
- c) Imergir todos os corpos de prova, agrupados, em um tanque com água parada e satura de cal, com temperatura $\pm 23^{\circ}\text{C}$; deve-se tomar os devidos cuidados com a troca de água a cada 15 dias.

- c) Deverão permanecer ali até o instante de seus rompimentos

Tabela -13 Idade da ruptura e suas determinadas tolerâncias

Idade de ruptura	Tolerância
3 dias	± 1 hora
7 dias	± 2 horas
28 dias	± 4 horas

Fonte: o autor

Figura 6: Tanque d'água



Fonte: o autor

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As tabelas, gráficos a seguir referem-se às marcas de cimentos coletadas para serem ensaiados sua resistência à compressão, tempo pega, finura peneira 75µm (no 200), As quatro marcas de cimento foram coletadas na mesma data e encaminhadas ao laboratório. Os cimentos foram ensaiados sua resistência à compressão conforme estabelece a norma NBR 7215/1996. Na primeira idade, ou seja, nos primeiros três e sete dias de ruptura todas as marcas de cimentos coletadas para ensaios obtiveram a resistência acima do estabelecido pela norma. Porém, aos 28 dias não obteve a média da norma NBR 7215 / 1996, neste período houve uma queda de temperatura retardando a resistência à compressão .

Em relação à finura do cimento nos ensaios o tempo de pega, o mais fino obteve o tempo mais elevado em seu início de pega dos demais. Porém nos ensaios à compressão o mais fino obteve uma melhor resistência na ruptura de 3 dias e queda em outras idades.

Na realização desses ensaios na cidade de Campo Mourão, especificamente nesse período ocorreu uma queda de temperatura alterando a resistência.

Tabela14 – Cimentos para ensaios

DEPÓSITO	MARCA DE CIMENTO	TIPO DE CIMENTO
A	ITAMBÉ	CPII Z 32
B	RIBEIRÃO	CPII Z 32
C	CAUÊ	CPII E 32
D	VOTARAN	CP II Z32

Fonte - autor

A tabela 15 apresenta os resultados da finura dos cimentos retido na peneira 75 µm ensaiado conforme NBR11579

Tabela15 - Cimento retido na peneira

Nome	Retido em gramas
Cimento Itambé	3,21
Cimento Ribeirão	3,07
Cimento CAUÊ	3,00
Cimento Votoran	2,54

Fonte: o autor

A tabela 16 apresenta resultados dos ensaios do tempo de pega dos cimentos conforme (NBR 11581)

TABELA – 16 Ensaios tempo de pega dia 18/04/2012.

Cimento	Início de pega	Fim de pega
Itambé	3h11min	04h22min
Ribeirão	3h23min	04h27 min
CAUÊ	03h14min	04 h 36 min
Votoran	03h52min	04h57min

Fonte: o autor

As tabelas – referem-se aos corpos de prova com seus resultados de ensaios a resistência a compressão dos cimentos, 3, 7 e 28 dias conforme estabelece a (NBR7215)1996.

Dessa forma a tabela 17 refere-se os resultados à compressão do cimento Itambé, rompido com idade de 3 dias,

Cimento- A- Itambé CPIIZ32

Tabelas - 17 Resistência à compressão do cimento Itambé aos 3 dias

CP Nº	Idade (Dias)	Área média (mm ²)	Força (KN)	Tensão (Mpa)	Velocidade (Mpa/s)
1	3	1971,75	28,1	14,2	0,23
2	3	1967,82	29,9	15,1	0,21
3	3	1972,54	31,8	16,1	0,20
4	3	1970,98	32,0	16,2	0,24

Média: 15,4 Mpa

* Desvio em relação à média: 4,4%*

A Tabela 18 - refere-se os resultados à compressão do cimento Itambé, rompido com idade de 7 dias,

Tabela 18 - Resistência à compressão do cimento Itambé aos 7 dias

CP Nº	Idade (Dias)	Área média (mm ²)	Força (KN)	Tensão (Mpa)	Velocidade (Mpa/s)
1	7	1974,51	41,5	20,3	0,26
2	7	1964,67	43,9	21,3	0,24
3	7	1973,72	42,5	21,5	0,27
4	7	1991,08	44,5	22,0	0,28

Média 21,3 Mpa

Desvio em relação à média: 4,7%

Fonte: o Autor

A Tabela 19 - refere-se os resultados à compressão do cimento Itambé, rompido com idade de 28 dias,

Tabela 19 - Resistência à compressão do cimento Itambé aos 28 dias

CP Nº	Idade (Dias)	Área média (mm ²)	Força (KN)	Tensão (Mpa)	Velocidade (Mpa/s)
1	28	1973,72	54,6	27,7	0,28
2	28	1963,10	57,06	28,3	0,28
3	28	1966,64	57,03	29,1	0,27
4	28	1966,64	85,06	29,5	29,47

Média 28,7 Mpa

Desvio em relação à média: 3,5%

Fonte: o Autor

Aferição do equipamento: Prensa PCE-100 Aferições outubro de 2211
Cimento- B- Ribeirão CPIIZ32.

As tabelas – referem-se aos corpos de prova com seus resultados de ensaios a resistência a compressão cimento Ribeirão do 3 , 7 e 28 dias conforme estabelece a (NBR7215)1996.

A tabela 20 refere-se os resultados à compressão do cimento Ribeirão, rompido com idade de 3 dias,

Tabela 20 - Resistência à compressão do cimento Ribeirão aos 3 dias

CP Nº	Idade (Dias)	Área média (mm ²)	Força (KN)	Tensão (Mpa)	Velocidade (Mpa/s)
1	3	1980,30	34,0	17,2	0,26
2	3	1970,57	33,9	17,2	0,25
3	3	1963,50	35,8	18,2	0,24
4	3	1975,29	36,4	18,4	0,25

Média: 17,8 Mpa
Desvio em relação à média: 3,3%

Fonte : o Autor

A tabela 21 refere-se os resultados à compressão do cimento Ribeirão, rompido com idade de 7 dias,

Tabela - 21 Resistência à compressão do cimento Ribeirão aos 7 dias

CP Nº	Idade (Dias)	Área média (mm ²)	Força (KN)	Tensão (Mpa)	Velocidade (Mpa/s)
1	7	1981,21	42,5	21,4	0,26
2	7	1974,90	43,0	21,7	0,28
3	7	1968,21	43,0	21,8	0,28
4	7	1981,60	52,3	26,3	0,29

Média: 22.8 Mpa
Desvio em relação à média: 5%

Fonte: o Autor

A tabela 22 refere-se os resultados à compressão do cimento Ribeirão, rompido com idade de 28 dias,

Tabela -22 Resistência à compressão do cimento Ribeirão aos 28 dias

CPNº	Idade (Dias)	Área média (mm²)	Força (KN)	Tensão (Mpa)	Velocidade (Mpa/s)
1	28	1974,90	53,9	27,2	0,28
2	28	1968,21	54,6	27,7	0,27
3	28	1975,69	55,1	27,8	0,29
4	28	1976,48	59,2	28,9	0,28

Média: 27.9 Mpa
Desvio em relação à média: 2,5%

Fonte: o Autor

Aferição do equipamento: Prensa PCE-100 Aferições outubro de 2011

As tabelas – referem-se aos corpos de prova com seus resultados de ensaios a resistência à compressão cimento CAUÊ 3, 7 e 28 dias conforme estabelece a (NBR7215)1996.

A tabela 23 refere-se os resultados à compressão do cimento CAUÊ, rompido com idade de 3 dias Cimento - CAUÊ CII E32

Tabela -23 Resistência à compressão do cimento CAUÊ aos 3 dias

CP N°	Idade (Dias)	Área média (mm²)	Força (KN)	Tensão (Mpa)	Velocidade (Mpa/s)
1	3	1972,15	34,2	17,3	0,28
2	3	1972,15	66,0	17,3	0,26
3	3	1976,08	60,4	17,4	0,28
4	3	1995,44	61,5	19,4	0,26

Média: 17,9 Mpa
Desvio em relação à média: 2,8%

Fonte: o Autor

A tabela 24 refere-se os resultados à compressão do cimento CAUÊ, rompido com idade de 7 dias,

CP Nº	Idade (Dias)	Área média (mm ²)	Força (KN)	Tensão (Mpa)	Velocidade (Mpa/s)
1	7	1977,26	42,5	22,4	0,28
2	Sete	1965,85	44,3	22,5	0,28
3	7	1986,74	47,7	23,0	0,27
4	7	1965,85	45,5	23,1	0,27

Média: 22,7 Mpa

Desvio em relação à média: 1,3%

Fonte: o Autor

A tabela 25 refere-se os resultados à compressão do cimento CAUÊ, rompido com idade de 28 dias,

Tabela 25-Resistência à compressão do cimento CAUÊ aos 28 dias

CP Nº	Idade (Dias)	Área média (mm ²)	Força (KN)	Tensão (Mpa)	Velocidade (Mpa/s)
1	28	2016,47	54,6	27,2	0,27
2	28	2007,39	54,6	27,2	0,27
3	28	1968,21	55,4	28,1	0,28
4	28	2003,75	58,6	29,4	0,29

Média: 27,9 Mpa

Desvio em relação à média: 2,5%

Fonte: o Autor

Aferição do equipamento: Prensa PCE-100 Aferições outubro de 2211

CP Corpo de prova cilíndrico 5 x 10cm

As tabelas – referem-se aos corpos de prova com seus resultados de ensaios a resistência a compressão cimento Votoran do 3 , 7 e 28 dias conforme estabelece a (NBR7215)1996.

Cimento- B- Votoran-CPIIZ32

A tabela 26 refere-se os resultados à compressão do cimento Votoran, rompido com idade e 3 dias, conforme estabelece a (NBR7215)1996.

Tabela -26 Resistência à compressão do cimento Votoran aos 3 dias

CP Nº	Idade (Dias)	Área média (mm ²)	Força (KN)	Tensão (Mpa)	Velocidade (Mpa/s)
1	3	1965,46	35,5	18,6	0,26
2	3	1970,57	37,1	18,8	0,29
3	3	1985,15	37, 8	19,0	0,26
4	3	1967,82	38,8	19,7	0,28

Média: 18,9 Mpa

Desvio em relação à média: 5%

Fonte : o Autor

A tabela 27 refere-se os resultados à compressão do cimento Votoran, rompido com idade de 7 dias,Cimento- B- Votoran-CPIIZ32

Tabela - 27 Resistência à compressão do cimento Votoran aos 7 dias

CP Nº	Idade (Dias)	Área média (mm ²)	Força (KN)	Tensão (Mpa)	Velocidade (Mpa/s)
1	7	1962,71	43,4	22,1	0,29
2	7	1976,87	46,7	22,6	0,28
3	7	1963,10	42,8	22,8	0,29
4	7	1969,00	45,6	23,2	0,29

Média: 22,6 Mpa

Desvio em relação à média: 2,2%

Fonte: o Autor

A tabela 28 refere-se os resultados à compressão do cimento Votaram, rompido com idade de 28 dias,
Cimento- B- Votoran-CPII Z32

Tabela 28 - Resistência à compressão do cimento Votoran aos 28 dias

CP Nº	Idade (Dias)	Área média (mm ²)	Força (KN)	Tensão (Mpa)	Velocidade (Mpa/s)
1	28	1976,48	39,6	22,0	0,24
2	28	1967,42	46,2	23,4	0,25
3	28	19 65,07	52,7	23,7	0,25
4	28	1983,98	52,2	24,8	0,23

Média: 23,5 Mpa

* Desvio em relação à média: 3,30%

Fonte: o Autor

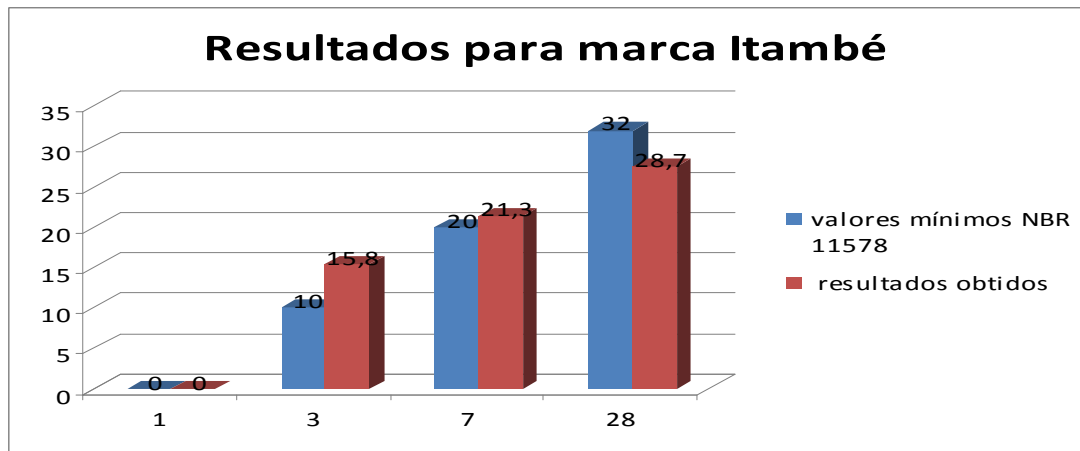
Aferição do equipamento: Prensa PCE-100 Aferições outubro de 2011
CP Corpo de prova cilíndrico 5 x 10cm

Os resultados obtidos dos cimentos utilizados para ensaios obtiveram-se alterações nos resultados a resistência à compressão aos 28 dias compreendendo-se que durante o inverno, o cimento influenciado em, início de pega, em suas resistências a compressão como relata os gráficos a seguir.

“Segundo o artigo publicado pela Revista TECHNE 2012 “se essas temperaturas chegarem a níveis inferiores a 10°C, além do retardamento, pode ocorrer a paralisação do início de pega do cimento, ou seja, o concreto não reage e fica no estado fresco”.

O gráficos seguintes representam os resultados do cimento ensaiados a sua resistências à compressão.

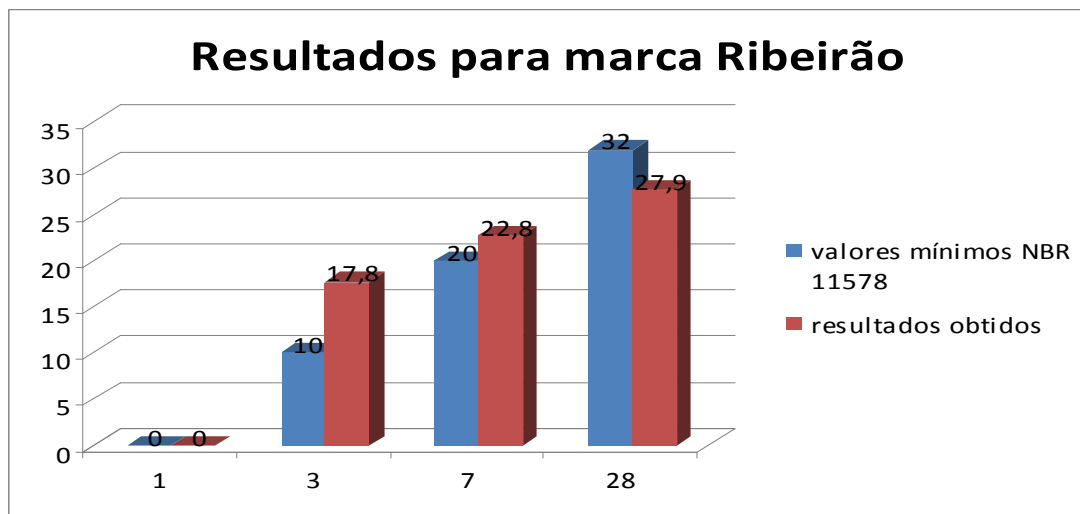
Gráfico 3 – Dados comparativos a resistência à Compressão do cimento Itambé



F **onte: o autor**

O gráfico seguinte representa os resultados do cimento Ribeirão.

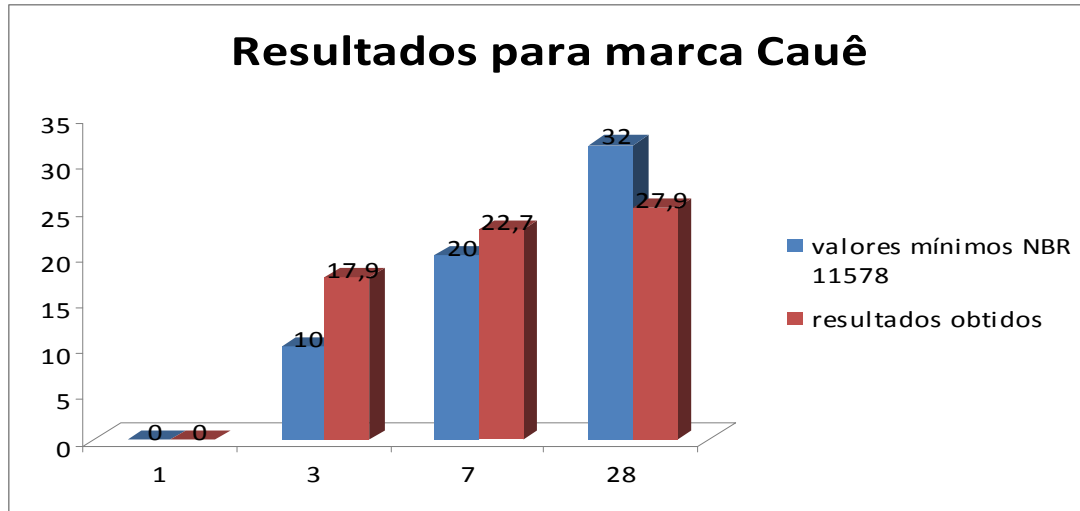
Gráfico 4 - Dados comparativos a resistência à Compressão do cimento Ribeirão



Fonte: o auto

O gráfico seguinte representa os resultados do cimento CAUÊ.

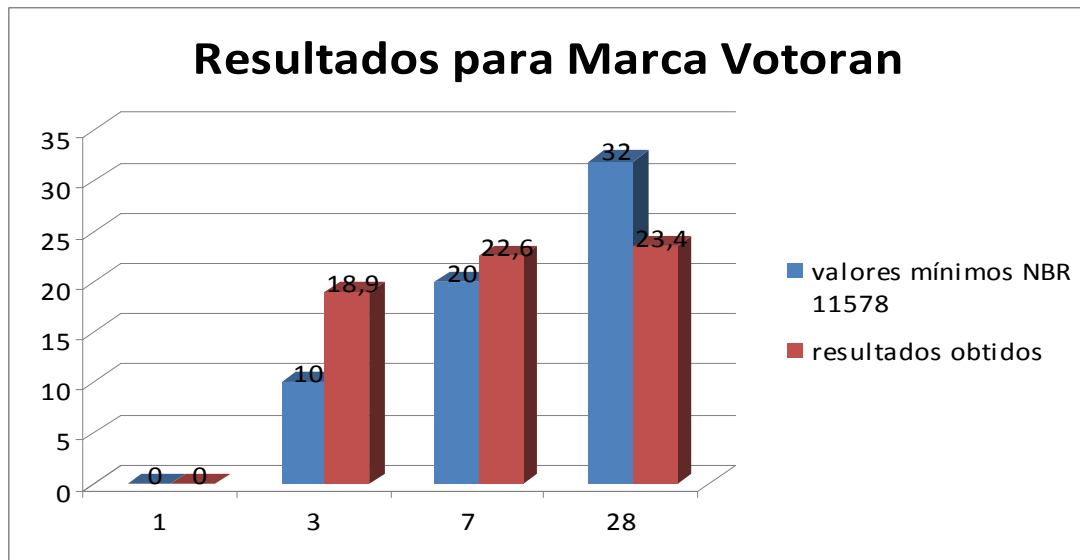
Gráfico 5 - Dados comparativos a resistência à Compressão do cimento CAUÊ



Fonte: o autor

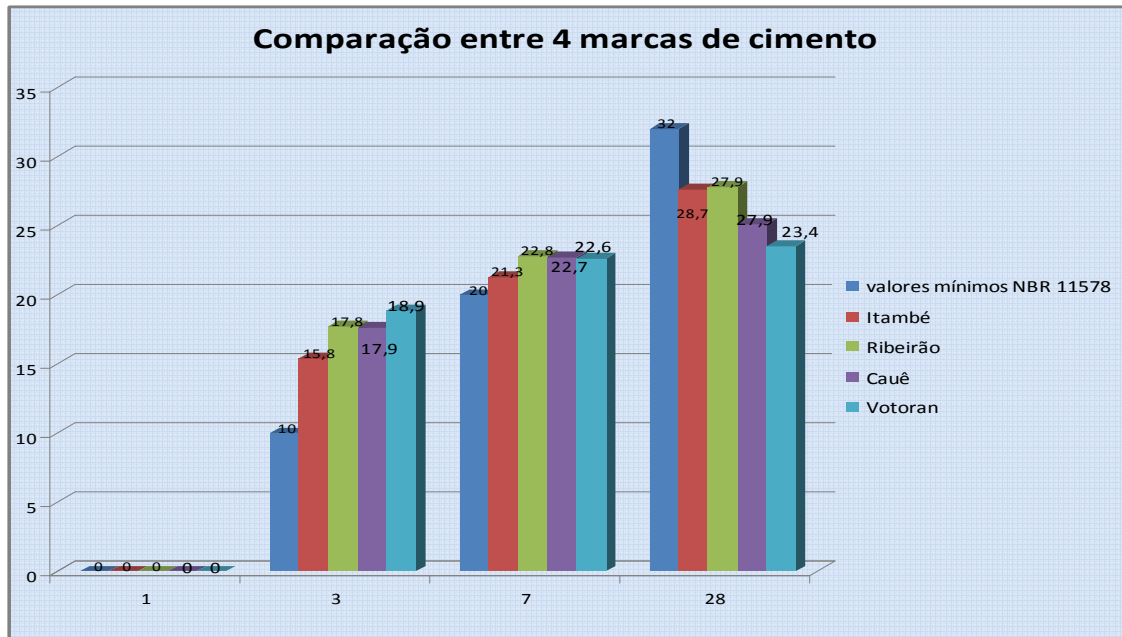
O gráfico seguinte representa os resultados do cimento Votoran.

Gráfico 6 - Dados comparativos a resistência à Compressão do cimento Votoran



Fonte: o autor

Gráfico - 7 Dados comparativo entre os cimentos ensaiados



Fonte: o autor

6 CONCLUSÕES

Os resultados apresentados nos ensaios em laboratório sobre as marcas de cimentos Itambé, Ribeirão, Cauê e Votoran todos eles da classe CII - 32 pôde-se constatar que nas primeiras idades foram adquiridos resultados que superaram os estabelecidos pela norma. A partir da idade de sete dias houve uma queda na temperatura ambiente que inibiu o acréscimo de resistência tendo influenciado sobremaneira os resultados de 28 dias.

Referindo-se a determinação da finura do cimento constatou que o cimento mais fino não correspondeu a um tempo de pega mais rápido que o menos fino.

Verificou-se também que o cimento com maior finura apresentou uma resistência à compressão inicial maior em relação a ruptura na idade de 3 dias. Dessa forma a

Finura do cimento é um fator importante que afeta a velocidade de liberação do calor, particularmente nas primeiras idades. Quanto maior a finura, maior a geração de calor.

Dessa forma, observou-se que deve haver uma preocupação com as informações que deverão conter nas embalagens de cimento, esclarecendo para quem for utilizá-los, como manuseá-las corretamente, pois, nem o conhecimento de que a temperatura pode influenciar no processo químico de endurecimento do cimento em relação a sua finura. Portanto é extrema importância levar em conta esses fatores, finura e temperatura ao conhecimento de dos consumidores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5732**: Cimento Portland comum CPI. Rio de Janeiro 1991,

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5735**: Cimento Portland pozolânico,

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5736**: Cimento Portland de alto-forno

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5737**: Cimentos Portland resistentes a sulfatos, Rio de Janeiro 1992,

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6156**: Máquina de ensaio de tração e compressão, Rio de Janeiro, 1983,

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7214**: Areia normal para ensaio de cimento, Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Determinação da resistência à compressão, Rio de Janeiro, 1996,

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9479**: Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova de argamassa e concreto, Rio de Janeiro, 1994,

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR11578**: Cimento Portland composto,

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR11579**: Determinação da finura peneira 75µm (nº 200). Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11580**: Determinação da água da pasta de consistência normal,

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11581**: Determinação dos tempos de pega

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR12989**: Cimento Portland Branco.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR13116**: Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação BC

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Manual de ensaios físicos do cimento**. ABCP, São Paulo, 2000.

BRAGA, José Augusto. SONODA, Ademar. **Aspectos sobre as construções de concreto, aproveitamento hidroelétrico de Itaipu**. Ibracon, São Paulo, 1983.

BATTAGIN, Arnaldo Forti. **História do cimento**. 2008. Disponível em http://www.cimento.org/index.php?Option=com_content&view=article&id=22&Itemid=29,

BAUER, L.A. Falcão. **Materiais de Construção**. LTC, Rio de Janeiro, 2008.

ITRIBUNA, Disponível em <http://www.itribuna.com.br/campo-mourao/cm-tem-temperatura-mais-fria-do-ano-2012/>.

MEHTA, P. Kumar. MONTEIRO, Paulo J.M. **Concreto Microestrutura, Propriedades e Materiais**. Ibracon, São Paulo 2008.

MINEROPAR. Disponível em <http://www.mineropar.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=162>

NANOTECNOLOGIA. **Origem Wikipédia, a enciclopédia livre**. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Nanotecnologia> acesso em 02/05/2012

NEVILLE, Adam Mathew. **Propriedades do concreto**. Pini, São Paulo, 1997.

PETRUCCI, Eladio G.R. **Concreto de Cimento Portland**. Globo, São Paulo. 1998.

REVISTA TÉCNICA. **A influência da temperatura na desforma do concreto**. SÃO PAULO, 2012. Disponível em <http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/150/imprime151696.asp> acesso em 02/05/2012.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO. Disponível em <http://www.snic.org.br> acesso em 25/02/2012.

TARTUCE, Ronaldo. GIOVANNETTI, Edio. **Princípios básico sobre Concreto de Cimento Portland**. Pini: Ibracon São Paulo, 1990.

TEZUKA, Yasuko. **Guia de utilização de cimentos hidráulicos**. ABCP, São Paulo, 1988.

VIEIRA, Ana Maria. **A segunda revolução do concreto**. 2009. Disponível em <http://www.ufmg.br/boletim/boll622/4.shtml>