

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**RAFAEL MARTINS DAS NEVES**

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMA: ESTUDO  
DA VARIABILIDADE DAS RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO NO CIMENTO DO  
TIPO PORTLAND**

**Bagé  
2016**

**RAFAEL MARTINS DAS NEVES**

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMA: ESTUDO  
DA VARIABILIDADE DAS RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO NO CIMENTO DO  
TIPO PORTLAND**

Trabalho de conclusão do Curso de Engenharia de  
Produção da Universidade Federal do Pampa  
Campus Bagé, como requisito parcial para a  
obtenção do título de Bacharel em Engenharia de  
Produção  
Orientador: Prof. Me. Maurício Nunes de Carvalho

**Bagé  
2016**

**RAFAEL MARTINS DAS NEVES**

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMA: ESTUDO  
DA VARIABILIDADE DAS RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO NO CIMENTO DO  
TIPO PORTLAND**

Trabalho de conclusão do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa Campus Bagé, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. Maurício Nunes de Carvalho

Banca examinadora:

---

Prof. Me. Maurício Nunes Macedo de Carvalho

Orientador

UNIPAMPA

---

Prof. Me. Carla Beatriz da Luz Peralta

UNIPAMPA

---

Prof. Me. Ciro André de Lima Campão

UNIPAMPA

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, em primeiro lugar por me dar saúde e sabedoria para que eu possa alcançar meus objetivos.

Agradeço aos meus pais, à minha esposa, aos meus familiares e aos amigos por serem os maiores incentivadores e as fontes inesgotáveis de apoio, amor e compreensão, pois compreenderam minha ausência em alguns momentos.

Agradeço ao meu orientador Maurício Carvalho por ter aceitado o convite para essa tarefa, pelas orientações e pelo tempo disponibilizado durante a realização deste trabalho.

Agradeço a Intercement S.A., na pessoa do Engenheiro de Produção João Sinott Júnior, que abriu as portas para a realização desse estudo.

Agradeço aos colegas do curso, em especial ao Renan Olivira que sempre estava disposto a contribuir para sanar algumas dúvidas.

Aos demais professores, agradeço pelo apoio e incentivo para esta conquista.

## RESUMO

As organizações entendem que já não basta serem as melhores empresas somente na sua região, porque elas precisam competir com outras de todo o mundo. Assim, essa conscientização eleva a competitividade, reduzindo custos, melhorando a qualidade, focando nos clientes que estão cada vez mais exigentes. O controle de qualidade na produção de cimento é de suma importância, já que asseguram o controle do processo e a inspeção do produto para que possam atender os requisitos das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas. A resistência à compressão é uma delas pois, para cada tipo de cimento, há uma Norma Brasileira Regulamentadora que define esses valores. Esta pesquisa buscou analisar formas para diminuir a variabilidade das resistências à compressão, reduzindo o desvio do cimento produzido na unidade do grupo Intercement, localizada em Candiota-RS. A abordagem metodológica consiste em realizar uma pesquisa mista (qualitativa e quantitativa) para manipulação das informações, juntamente com uma pesquisa exploratória, realizando entrevista com as pessoas responsáveis pelo controle da qualidade e, também utilizando o método pesquisador participante. A pesquisa apresentou alguns pontos relevantes que acabam interferindo no desvio padrão do cimento, podendo ser eles: matérias-primas, interferência humana ou equipamento. No decorrer da pesquisa encontramos algumas limitações, pelo fato da análise de compressão do cimento ser feita em outra unidade do grupo, onde não foi possível ter acesso alguns laudos de calibração e repetibilidade de análise entre os operadores. Como sugestões futuras recomenda-se que um estudo na composição química do clínquer, sendo ele o principal componente na produção de cimento, e ter apresentado em seu processo índice de capacidade incapaz, juntamente com um estudo no ensaio de resistência à compressão do cimento, pois não tivemos a oportunidade de acompanhar essa análise.

Palavras-chave: Intercement; Cimento; Qualidade; Resistência à compressão;

## **ABSTRACT**

Organizations understand that no longer simply be the best companies only in your area, because they have to compete with others from around the world. So this awareness increases competitiveness by reducing costs, improving quality, focusing on customers who are increasingly demanding. The quality control in cement production is very important, since that ensure process control and product inspection so that they can meet the requirements of the standards of the Brazilian Association of Technical Standards. Compressive strength is therefore one for each cement type, there is a Brazilian Norm which defines these values. This research sought to examine ways to reduce the variability of resistance to compression, reducing the cement produced in the deviation unit Intercement group, located in Candiota-RS. The methodological approach is to conduct a joint research (qualitative and quantitative) for manipulation of information, along with an exploratory research, conducting interviews with the people responsible for quality control and also using the participant researcher method. The survey showed some relevant points that interferes with the standard deviation of the cement, they can be: raw materials, human interference or equipment. During the survey we found some limitations, because cement compression analysis is done in another unit of the group, where it was not possible to access some calibration reports and analysis repeatability between operators. As further suggestions it is recommended that a study in the clinker chemical composition, being the main component in cement production, and have presented in its capability index process incapable, along with a study on concrete compressive strength test because We did not have the oportunidade to follow this analysis.

**Keywords:** Intercement; Cement; Quality; Compressive strength;

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Consumo anual de cimento no Brasil em toneladas .....	14
Figura 2- Volume de vendas por região .....	15
Figura 3 - Mapa de plantas do grupo Inter cement.....	16
Figura 4- Volume de produção de cimento de 2010 a 2014.....	17
Figura 5- Linha de produção de cimento.....	20
Figura 6- Modelo de Diagrama de Causas e Efeitos .....	29
Figura 7- Etapas dos procedimentos metodológicos .....	35
Figura 8- Resistência de 28d no ano de 2014.....	36
Figura 9- Resistência 28d no ano de 2015.....	37
Figura 10- Desvio padrão do mês e desvio acumulado de 2014 .....	38
Figura 11- Desvio padrão do mês e desvio padrão acumulado em 2015 .....	38
Figura 12- Resistência à compressão e volume de produção de clínquer em 2014 .....	40
Figura 13- Resistência à compressão e volume de produção de clínquer em 2015 .....	41
Figura 14- Diagrama de Causas e Efeito .....	42
Figura 15- Análise de causas .....	43
Figura 16- C3S do clínquer no ano de 2014.....	44
Figura 17- C3S do clínquer no ano de 2015.....	45
Figura 18- Análise de Resíduo insolúvel em 2014.....	46
Figura 19- Análise de Resíduo insolúvel em 2015.....	46
Figura 20- Plano de ação .....	48

## LISTA DE SÍMBOLOS

$3\sigma$  – Três Sigma (desvio padrão da distribuição amostral da estatística Q)  
X - Média (gráfico de controle)



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de cimento produzidos no Brasil.....	22
Quadro 2 - Exigências químicas, físicas e mecânicas conforme a ABNT NBR 5736.....	23
Quadro 3 - Passos do desdobramento do PDCA .....	25

## LISTA DE SIGLAS

ABCP - Associação Brasileira de cimento Portland  
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
CPIV-32 - Cimento Portland pozolânico  
CPIV-32 RS - Cimento Portland  
C3S – Silicato tricálcio  
ISO 14001 - Gestão ambiental  
LSC – Limite Superior de Controle  
LIC – Limite Inferior de Controle  
MASP - Método de Análise e Soluções de Problemas  
NBR - Norma Brasileira  
NSR - Nova Santa Rita  
OSHAS 18001 - Saúde e segurança ocupacional  
PAC - Programa de Aceleração do Crescimento  
PDCA - *Plan, Do, Check, Action*  
RC28d – Resistência à compressão 28 dias  
SIQUAL - Sistema de Controle da Qualidade  
SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento  
5W2H - *What, When, Who, Where, Why, How, How much*

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1	Contextualização do tema	13
1.2	Justificativa	17
1.3	Questão de pesquisa	18
1.4	Objetivo principal	18
1.4.1	Objetivos secundários	18
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>20</b>
2.1	Processo de fabricação de cimento	20
2.1.1	Normas brasileiras para o cimento Portland	22
2.2	Método de Análise e Soluções de Problemas (MASP)	23
2.2.1	Identificação do Problema	26
2.2.2	Observação	26
2.2.3	Análise	26
2.2.4	Cartas de controle	27
2.2.5	Capacidade do Processo	28
2.2.5.1	Diagrama de Causas e Efeitos	28
2.2.5.2	<i>Brainstorming</i>	29
2.2.6	Plano de Ação	29
2.2.7	Ação	30
2.2.8	Verificação	30
2.2.9	Padronização	31
2.2.10	Conclusão	31
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>32</b>
3.1	Método da pesquisa	32
3.2	Seleção e abordagem	33
3.3	Coleta e análise de Dados	33
3.4	Limitação do método	34
3.5	Procedimentos metodológicos	35
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISE DA PESQUISA</b>	<b>36</b>
4.1	Identificação do Problema	36
4.1.1	Observação	37

4.1.1.1	Utilização do <i>Brainstorming</i> .....	39
4.1.2	Análise.....	41
4.1.2.1	Principais causas da interferência no desvio .....	43
4.1.3	Plano de Ação .....	47
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
5.1	Limitações da pesquisa .....	49
5.2	Sugestões de pesquisas futuras .....	50
6	REFERÊNCIAS .....	51

## 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão apresentados a contextualização do tema, a justificativa, a questão de pesquisa, o objetivo principal e secundário e a estrutura do desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso.

### 1.1 Contextualização do tema

Devido ao atual ambiente mundial em que existe uma acirrada competição em todos os mercados, as empresas, de um modo geral, buscam cada vez mais a redução de seus custos e a otimização dos seus processos para aumentar seus lucros e se manter competitivas. A necessidade na redução do consumo de clínquer, principal componente na produção de cimento, se torna cada vez mais importante para aumentar a lucratividade das empresas desse ramo, devido ao alto valor que se emprega na produção do cimento. Mas, para isso, é necessário cada vez mais o estreitamento na variação de seu processo, e melhoria na qualidade de seus produtos.

O clínquer é obtido através da sinterização das rochas carbonáticas e argilosas, Segundo Farenzena (1999), clínquer é o nome dado ao produto proveniente da reação de clinquerização que ocorre a aproximadamente 1500°C, através da fusão de calcário e corretivos, tais como (minério de ferro, magnetita, areia, dentre outros).

Um dos principais pontos para que as empresas alcancem seus objetivos é manter seus produtos e serviços com boa performance de qualidade, garantindo assim a fidelidade de seus clientes, por meio da aplicação de metodologia e ferramentas.

Para Ramos wunderler (2000), a preocupação com a qualidade é tão antiga quanto a própria humanidade; assim, após a chegada da produção em massa, essa preocupação começou a ser vista sob uma ótica diferente.

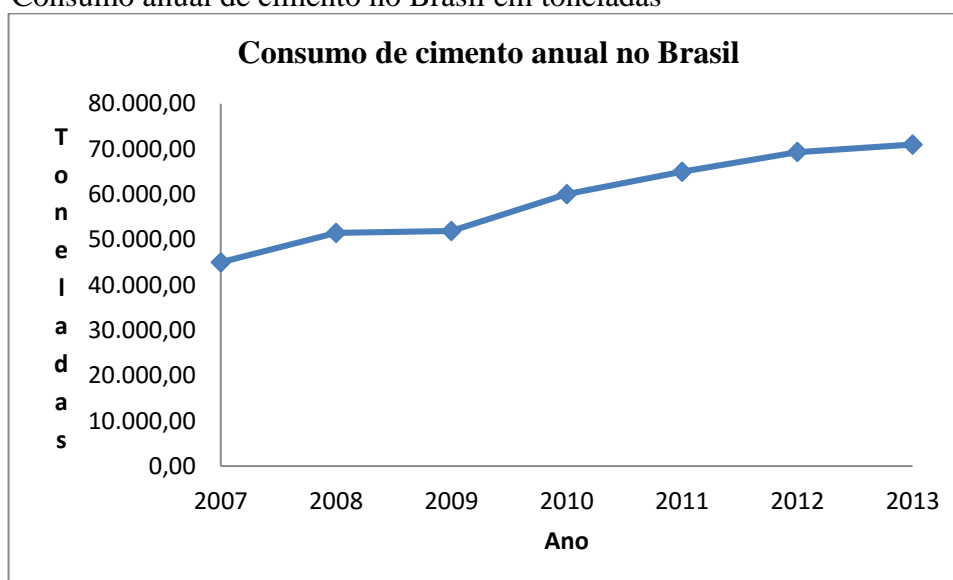
O ramo cimenteiro no Brasil atualmente é composto por 22 grupos, com 95 plantas espalhadas por todas as regiões brasileiras. A capacidade instalada anunciada no país é de 82 milhões de toneladas/ano, tendo uma previsão de chegar até o final de 2016 aos 100 milhões de toneladas/ano (Cimento, 2015).

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (2009), por sua matéria-prima ser abundante e barata, grandes e pequenas obras realizadas em todo o mundo utilizam o cimento, sendo esse o segundo material mais consumido no mundo, perdendo apenas para água.

É notável, o aumento gradativo do consumo de cimento no Brasil, seja a granel ou ensacado, devendo-se isso principalmente à pertinente relação com a evolução da renda real e com a massa salarial real. Nos últimos anos, o setor da construção civil do qual as produtoras de cimento fazem parte, vem crescendo a passos largos. Em 2005 o Brasil estava em 13.º no ranking mundial, já em 2013 avançou para 5º, conclui-se que o Brasil cresceu mais do que a média mundial nesse período, uma vez que os valores da produção de cimento no Brasil foram de 78,6% e a média mundial foi de 71% (CIMENTO,2015).

Esse fato se deve ao crescimento do emprego e da renda, a expansão do crédito imobiliário pelo governo e pelos bancos privados e devido à pressão das obras de infraestrutura do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) bem como, outros programas governamentais. Essa afirmativa pode ser verificada na Figura 1.

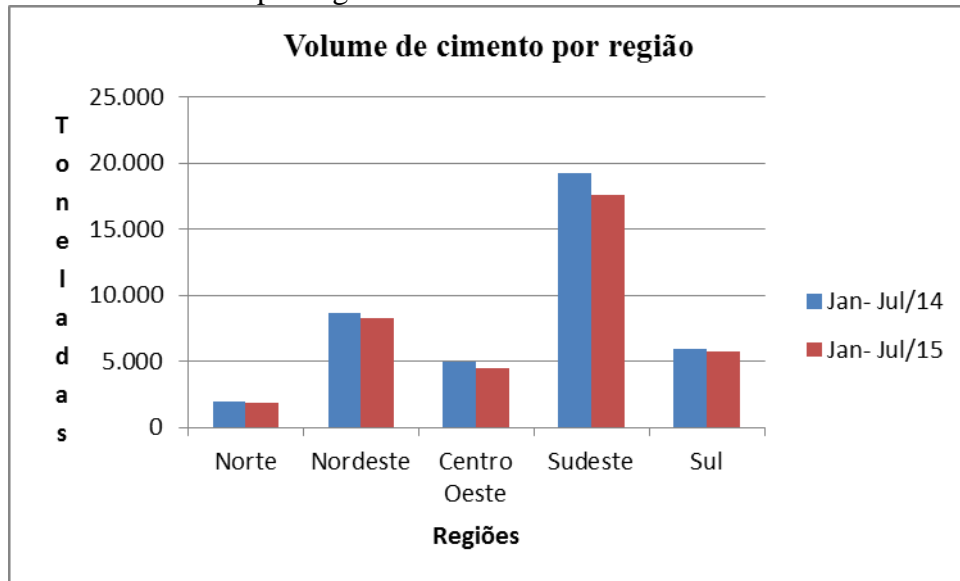
Figura 1- Consumo anual de cimento no Brasil em toneladas



Fonte: SNIC (2015).

Entretanto, segundo Cimento (2015), no corrente ano o setor enfrenta uma grande queda na comercialização e consumo com perspectiva de dois anos de decréscimo nas vendas, essa afirmativa é apresentada na Figura 2.

Figura 2- Volume de vendas por região



Fonte: Cimento (2015).

No Figura 2 pode-se ver a queda de volume de vendas nos últimos meses, o que leva acreditar que no ano de 2016 não vai ser diferente, devido ao aumento do volume de produção, com a inserção de novas fabricas no Brasil, principalmente na região do nordeste (CIMENTO,2015).

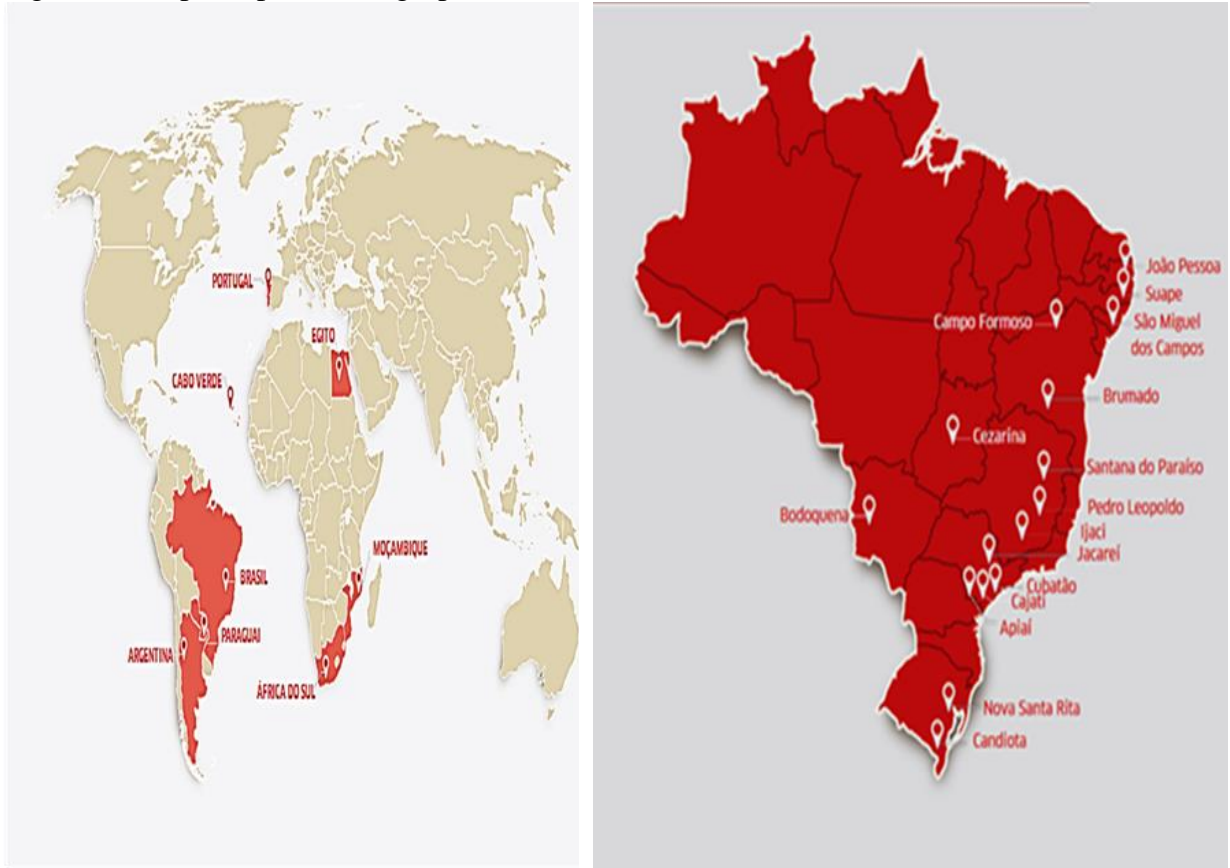
O presente trabalho foi desenvolvido na cimenteira do grupo Intercement S.A., na unidade de Candiota- RS, a qual produz cimentos do tipo CPIV-32 e CPIV-RS para regiões da campanha e demais localidades. A mesma, afim de apresentar um diferencial frente a crescente expansão e aumento da concorrência no mercado cimenteiro, possui certificações ISO 9001, ISO 14001 e OSHAS 18001, como forma de garantir para o cliente a qualidade nas suas operações.

A Intercement é uma empresa brasileira de capital privado, contendo quarenta unidades em oito países de três continentes, sendo em muitos deles líder no segmento de cimento e concreto. Com uma produção de 46 milhões de toneladas/ano. No Brasil a Intercement possui dezesseis plantas com uma capacidade de produção de 17,9 milhões de toneladas/ano (INTERCEMENT, 2015).

Desde a construção da fábrica de cimento Portland Eldorado em Apiaí/SP no ano de 1968 até os dias de hoje, a Intercement sempre percorreu uma trajetória de crescimento e sucesso, investindo fortemente em novas plantas, aquisições e ampliações de capacidade, com a aquisição dos grupos Loma Negra (AR) e Cimpor passando a estar entre os vinte maiores grupos no ramo cimenteiro.

Na Figura 3, é apresentado o mapa dos países e, cidades brasileiras onde a Intercement está inserida.

Figura 3 - Mapa de plantas do grupo Intercement



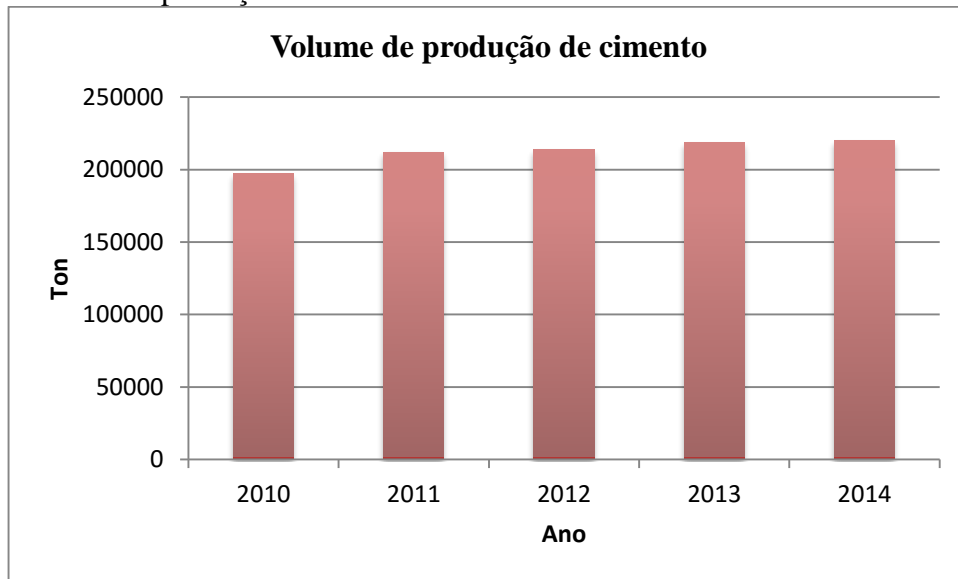
Fonte: Intercement (2015).

A unidade de Candiota (RS) é uma planta com capacidade aproximadamente de duzentos e dezessete mil toneladas de cimento por ano, sendo essa unidade a fornecedora de clínquer, para outra planta do grupo, localizada na cidade de Nova Santa Rita (RS).

Na Figura 4 é apresentado o volume de produção de cimento na unidade de Candiota de 2010 até 2014.



Figura 4- Volume de produção de cimento de 2010 a 2014



Fonte: Inter cement (2015)

## 1.2 Justificativa

A qualidade no desenvolvimento dos produtos, serviço e grande valia para fidelização de clientes e, consolidação de uma marca. Para Abrantes (2009), a melhoria na qualidade de um produto significa a redução do desperdício e, portanto, menos impacto ambiental. Tudo que se produz exige a retirada ou o uso de recursos de materiais do planeta, sendo que muitos deles não são renováveis, logo a produção de cimento se utiliza desses recursos.

O estudo da variação no processo de fabricação de cimento é de suma importância dentro de uma organização que busca a redução de seus custos de produção, melhorando seu indicador de tonelada de cimento produzida por volume de clínquer utilizado.

A importância no monitoramento das resistências à compressão no cimento, é descobrir quanta variação apresenta o seu produto final em relação aos valores estabelecidos como meta. Para Vieira Filho (2012), monitorar os resultados é estar gerenciando a manutenção da situação e atendendo as metas estabelecidas, assim esses controle trazem segurança e previsibilidade para a organização.

A variabilidade de um processo deve ser entendida e controlada, e a maneira mais fácil de se alcançar isso é a utilização da estatística (MARI, 1997).

O estudo da variação do desvio da resistência à compressão dos dois tipos de cimentos, CPIV-32 e CPIV-RS, podem contribuir para otimização de processos e a redução do consumo de clínquer, melhorando a qualidade dos produtos produzidos.

### 1.3 Questão de pesquisa

Como reduzir a variabilidade nas resistências à compressão no processo de produção de cimento?

### 1.4 Objetivo principal

Analisar as causas de variação no processo de fabricação de cimento do tipo CPIV-32, que prejudicam a resistência à compressão.

#### 1.4.1 Objetivos secundários

Para atingir o objetivo principal será necessária a utilização de algumas metodologias, como suporte na análise do tema.

- a) Aplicar a Metodologia de Análise e Solução de Problema (MASP);
- b) Elaborar Cartas de Controle Estatístico do processo da produção do cimento;
- c) Utilizar as ferramentas de planejamento e controle da qualidade tais como, Diagrama de Causas e Efeitos, *Brainstorming* e 5Porquês.

### 1.5 Estrutura do trabalho

O referente trabalho está organizado da seguinte maneira:

O primeiro capítulo traz uma breve introdução a respeito do tema do trabalho e apresenta o problema que ocorre na empresa em questão.

O segundo capítulo apresenta o referencial teórico, que aborda o processo de cimento, tipos de cimento, Método de Análise e Soluções de Problemas (MASP).

O terceiro capítulo apresenta a metodologia implementada, o estudo e planejamento da pesquisa, os meios e as ferramentas para coletas de dados.

O quarto capítulo apresenta os resultados da pesquisa, com aplicação do MASP, onde seguiu-se os passos do Quadro 3.

O quinto capítulo apresenta as considerações finais, juntamente com as limitações que ocorreram durante a pesquisa e sugestões para pesquisas futura.



## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

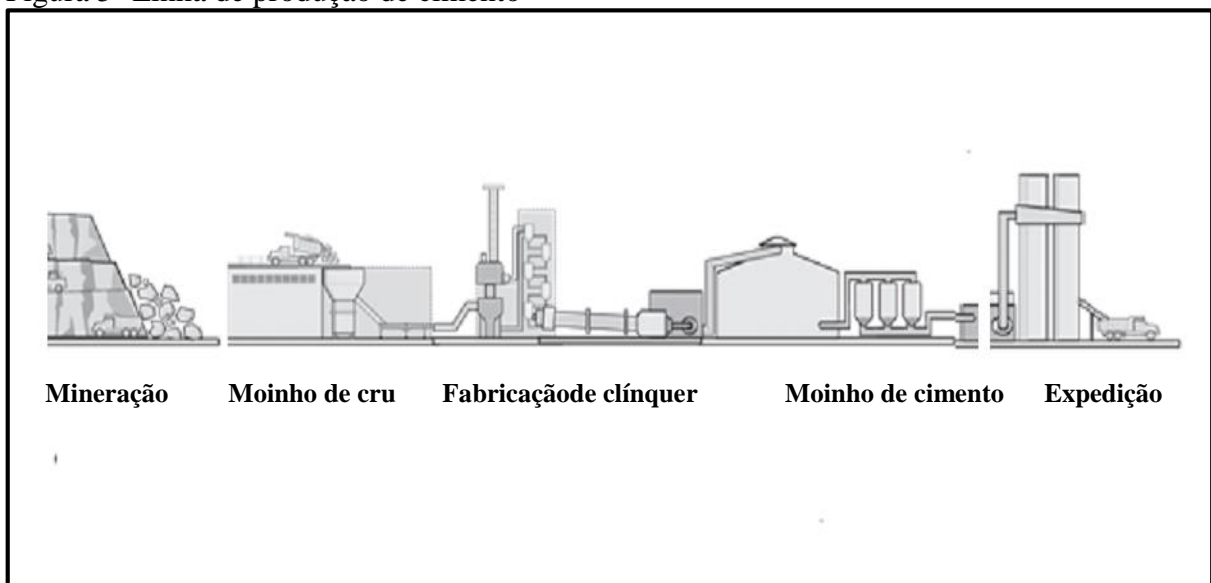
Neste capítulo apresenta-se o referencial teórico, o qual aborda a fabricação de cimento e a fundamentação de Método de Análise e Soluções de Problema utilizando como suporte o desdobramento das etapas do PDCA.

### 2.1 Processo de fabricação de cimento

A descoberta do cimento teve início na Inglaterra, que para Battagin (2009), o nome de cimento Portland foi definido pelo químico britânico Joseph Aspdin homenageando a ilha de Portland, devido à semelhança com a cor e a durabilidade das rochas da ilha britânica. Joseph em 1824 percebeu que ao queimar argila com o pó de calcário, era obtido um material pulverulento e ao adicionar água a essa mistura obtinha-se um material de alta resistência. O cimento Portland é um dos materiais mais consumidos no mundo perdendo apenas para água (ABCP, 2009).

Na fabricação de cimento, cada fase ou estágio do processo envolve um conjunto de controles e operações responsáveis pelas transformações físicas e químicas, desde o estágio original (calcário) até o estado final (cimento). Na Figura 5, são ilustradas cada uma dessas etapas.

Figura 5- Linha de produção de cimento



Fonte: Intercement S.A. (2015)

A Figura 5, apresenta todas as cadeias de produção de uma fábrica de cimento.

O processo de transformações segue as seguintes etapas:

- a) mineração (Britagem): É o processo de desmonte, extração, remoção e redução do tamanho dos minerais que constitui a rocha.
- b) moinho de Cru: É o processo de secagem e moagem das matérias-primas, até a obtenção de farinha, sendo esta homogenizada em silos verticais.
- c) fabricação de clínquer: É o processo de aquecimento, descarbonatação e pré-calцинаção dos materiais crus em fornos de clínquerização. Nessa etapa é formado o clínquer.
- d) moinho de Cimento: É onde o clínquer produzido no forno, é submetido à moagem juntamente a materiais aditivos.
- e) expedição: Área onde o cimento é ensacado e expedido

Atualmente no mercado nacional há onze tipos de cimentos, sendo que oito deles atendem as mais variadas obras. No Quadro 1, são apresentadas as principais características de cada cimento produzido no Brasil.

Quadro 1 - Tipos de cimento produzidos no Brasil.

Nome	Característica
Cimento Portland CP I	Esse cimento pode ser de dois tipos, o CPI que é o cimento que dá origem aos demais a referência, e o cimento CPI-S que pode conter de 1% a 5% de material pozzolâmico, escória ou fíler de calcário, sendo recomendado para construções em geral.
Cimento Portland composto CPII	Esse cimento pode ter três siglas diferentes, sendo elas representantes da adição referente: — CP II-E Cimento portland com adição de escória — CP II-Z Cimento portland com adição de pozolana — CP II-F Cimento portland composto com fíler
Cimento Portland de alto forno CP III	Esse cimento tem uma alta durabilidade e impermeabilidade, tendo alta resistência à expansão devido à reação de álcali-agregado, sendo também resistente a sulfatos. Devido suas particularidades esse cimento é utilizado em barragens, peças de grandes dimensões, fundações e estradas entre outras.
Cimento Portland CP IV	Esse cimento é bastante utilizado em obras que ficam expostas a ação de água corrente e agressivos devido a ser impermeável, possui resistência mecânicas à compressão superior a do concreto feito com cimento portland comum.
Cimento Portland CP V ARI	Esse cimento possui altas resistências iniciais em relação aos cimentos anteriores, é recomendado para aplicações que necessitam de resistências iniciais elevado, tais como bloco para alvenaria, blocos para pavimentação, tubos, entre outros.
Cimento Portland CP (RS)	Esse cimento oferece alta resistência aos meios agressivos, como redes de esgotos e água do mar, esse cimento pode ser usado em concreto de altos desempenhos, que são utilizados em obras de região litorânea.
Cimento Portland de baixo calor de hidratação (BC)	É o cimento Portland de alto-forno com baixo calor de hidratação, determinado pela sua composição;esse tipo de cimento tem a propriedade de retardar o despreendimento de calor em peças de grande massa de concreto, evitando de acontecer fissuras nas peças, devido ao calor desenvolvido durante a hidratação do cimento.
Cimento Portland branco (CPB)	Esse cimento recebe essa nomenclatura devido a sua coloração, ele pode ser classificado em dois tipos: Estrutural e não estrutural. O estrutural é utilizado em concretos brancos para fins arquitetônicos, com resistência similar aos demais cimentos, já o cimento não estrutural é aplicado em rejuntamento de azuleijos e nas mesmas aplicações do cimento cinza. A coloração branca desse tipo de cimento é alcançada com a utilização de matéria-prima com baixos teores de óxido de ferro e manganês, essa coloração é medida pelo índice de brancura que deve ser maior que 78%.

Fonte: ABCP (2015).

A diferença entre esses tipos de cimentos basicamente é o percentual de clínquer, material carbonático, sulfato de cálcio e adições como pozolanas, calcário e escórias, esses componentes são adicionados no processo de moagem (ABCP, 2009).

O cimento produzido na Intercement unidade Candiota (RS) é o CPIV-32, que será analisado nesse estudo, a unidade produz esse produto devido a demanda de mercado na região.

### 2.1.1 Normas brasileiras para o cimento Portland

Conforme o tipo de cimento, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) classifica o material, e fixa as condições exigíveis no recebimento do produto pelo cliente quanto a exigências químicas, físicas e mecânicas. A Norma Brasileira (NBR) 7215 especifica

o método para determinação da resistência à compressão no cimento Portland, fornecendo as informações sobre materiais, equipamentos e ferramentas para realização desse ensaio.

O cimento produzidos na unidade de Candiota (RS) é regido pela ABNT NBR 5736 a qual determina os valores químicos e mecânicos e apresenta os componentes que podem ser utilizados, juntamente ao clínquer, para a fabricação desse cimento. No Quadro 2, são apresentadas as exigências especificadas desta Norma.

Quadro 2 - Exigências químicas, físicas e mecânicas conforme a ABNT NBR 5736

Exigências químicas	Determinações químicas	Unidades	Limites em massa (g)
	Perda ao fogo (PF)	%	< 4,5
	Óxido de magnésio (MgO)	%	< 6,0
	Trióxido de enxofre (SO <sub>3</sub> )	%	< 4,0
	Anidrido carbônico (CO <sub>2</sub> )	%	< 3,0
Exigências físicas e mecânicas	Determinações físicas e mecânicas	Unidades	Limites
	Finura (resíduo na peneira 75µm)	%	< 8,0
	Tempo de início de pega	h	< 1
	Expansibilidade a quente	mm	< 5
	Resistência à compressão a 3 dias de idade	Mpa	> 10
	Resistência à compressão a 7 dias de idade	Mpa	> 20
	Resistência à compressão a 28 dias de idade	Mpa	> 32
	Resistência à compressão a 91 dias de idade	Mpa	> 40
	Tempo de fim de pega	h	< 12
	Expansibilidade a frio	mm	< 5

Fonte: ABNT NBR 5736 (1991)

No Brasil a Associação Brasileira de Cimento Portland criou o selo ABCP para avaliar a qualidade dos cimentos conforme as normas técnicas brasileira, verificando a conformidade dos produtos e as especificações pertinentes a ela. Segundo a ABCP (2009), há 56 fábricas de cimento (associadas) e 107 produtos possuem o selo, uma garantia real de que a qualidade do produto está sendo atendida e mantida pelo fabricante. No ano de 2015 a Inter cement passou a integrar o selo da ABCP, com a inserção do selo na embalagem dos seus produtos.

## 2.2 Método de Análise e Soluções de Problemas (MASP)

O Método de Análise e Soluções de Problemas (MASP), é uma ferramenta de origem japonesa, que foi implementada no Brasil a fim de manter e controlar a qualidade de produtos, processos e serviços. Essa ferramenta é utilizada como suporte para projetos, onde baseia-se na obtenção de fatos que justifiquem ou comprovem teorias ou hipóteses previamente levantadas (PIONEIRA, 1997).

O Método de Análise e Soluções de Problemas (MASP) utiliza diversas ferramentas de qualidade na resolução de problemas, pois concilia técnicas científicas e efetivas na solução de problemas, permitindo que cada pessoa dentro da organização se capacitem para a resolução de problemas de sua função.

O MASP é uma ferramenta sistêmica para abordar situações que podem exigir uma tomada de decisão para contornar uma situação insatisfatória ou desvios no processo de produção. Essas situações são tratadas utilizando-se ferramentas da qualidade de maneira sequencial e padronizada, com o ciclo de definição, análise de melhoria, padronização e controle do problema (ARIOLI, 1998).

Dentro das ferramentas da qualidade que o MASP utiliza, uma delas é o PDCA que para Marshall Júnior (2010), as etapas do ciclo PDCA são desdobradas em etapas ou passos, auxiliando a equipe na tomada de decisão para que não ocorram ações precipitadas, cercando o problema para proporcionar o seu claro entendimento, fazendo com que a solução seja a mais rápida e de melhor custo benefício. No Quadro 3, é apresentado o desdobramento dos passos.



Quadro 3 - Passos do desdobramento do PDCA

PDCA	FLUXO	MASP
PLAN	<pre> graph TD     INICIO[INÍCIO] --&gt; EXECUCAO[EXECUÇÃO]     EXECUCAO --&gt; DECISAO{PROBLEMA SOLUCIONADO?}     DECISAO -- NÃO --&gt; INICIO     DECISAO -- SIM --&gt; CONCLUSAO[CONCLUSÃO]           </pre>	<b>Primeiro passo : Identificação do problema</b> Selecionar o problema a ser solucionado; Levantar as perdas e as possibilidades de ganhos; Repassar as responsabilidades à equipe com data determinada para conclusão.
		<b>Segundo passo: Observação</b> Compreender o problema, levantando o seu histórico e a frequência de ocorrência; Conhecer as características do local como ambiente, instrumentos e padrões de confiabilidade;
		<b>Terceiro passo: Análise</b> Identificar e selecionar as causas mais prováveis do problema, identificando as principais ideias que contribuirão para a solução e aplicando o brainstorming surgirão várias ideias;
		<b>Quatro passo: Plano de ação</b> Elaborar o plano de ação e utilizar a ferramenta 5W2H;
DO	EXECUÇÃO	<b>Quinto passo: Ação</b> Divulgar o plano de ação; Realizar treinamento e capacitar as pessoas para que haja comprometimento de todos;
CHECK	PROBLEMA SOLUCIONADO? NÃO	<b>Sexto passo: Verificação</b> Comparação dos resultados com as metas; Verificar a continuidade do problema ou o seu fim. Caso o resultado não seja alcançado, retornar ao passo dois;
ACTION	SIM CONCLUSÃO	<b>Sétimo passo: Padronização</b> Elaborar ou alterar o padrão; Informar as alterações; Treinar os envolvidos com o novo padrão;
		<b>Oitavo passo: Conclusão</b> Registrar todas as ações; Relacionar os problemas remanescentes, caso ocorram-nos.

Fonte: Adaptado de Marshall Junior (2010)

As etapas do desdobramento do PDCA são distribuídas em passos facilitando a equipe na descoberta de soluções para os problemas. A seguir é apresentada cada uma das etapas do MASP, como também, suas principais características.

### **2.2.1 Identificação do Problema**

Nessa etapa, deve-se definir claramente o seu o problema a ser atacado, devendo ser detalhado da melhor maneira possível, de preferência com dados percentuais que evidenciam as falhas de um processo ou equipamento (MARSHALL JÚNIOR, 2010).

A etapa de exploração é muito importante, pois possibilita uma melhor avaliação da situação, identificando o problema principal (MELO, 2001). Este problema é o resultado indesejável de um trabalho, por isso nesta etapa não se buscam as causas, mas sim os resultados indesejáveis (CAMPOS, 2004).

### **2.2.2 Observação**

É o momento de fazer uma observação profunda sobre o problema em questão, para que o passo seguinte de análise tenha o máximo de informações. As principais ferramentas utilizadas nessa etapa são: Diagrama de Pareto, Brainstorming e Histogramas.

Essas ferramentas, segundo Vieira (2012), além de resumir as possíveis causas do problema, também atuam como guia para a identificação da sua causa fundamental e a determinação das possíveis ações que deverão ser adotadas.

A observação não deve ser feita apenas com dados numéricos no escritório, deve conter informações suplementares que podem ser coletadas no próprio local da ocorrência do problema, através de fotografias e filmagem (CAMPOS, 2004). Da mesma forma, os dados devem ser coletados, analisados, agrupados, estratificados, de maneira a se constituírem em informação (PIONEIRA, 1997).

### **2.2.3 Análise**

Nessa etapa de análise do problema, o principal objetivo é descobrir as principais causas e compará-las para saber se ele acontece sempre na mesma época, horários ou situações parecidas. A ferramenta utilizada é o diagrama de Causa e Efeito; que pode ser utilizado junto com o Brainstorming, para achar os motivos do problema e, cartas de controle estatístico. Estas são uma das principais ferramentas utilizadas no controle estatístico do processo, sendo seu principal objetivo detectar desvios de parâmetros que ocorrem no processo de fabricação para reduzir produtos fora de especificação, evitando perdas que não

agregam valor. A utilização de cartas de controle parte do princípio de que o processo esteja estável pois, caso ao contrário, pode ocorrer erro nos seus limites.

Um gráfico de controle nos apresenta que algo está errado, mas não apresenta as causas especiais que estão ocorrendo no processo, embora ele disponha de informação que podem auxiliar na descoberta dessas causas (WERKEMA, 1995)

Para Ramos (2000), as cartas ou gráficos de controle possuem três objetivos básicos: verificar se o processo estudado é estaticamente estável, ou seja, se não há presença de causas especiais de variação; verificar se o processo estudado permanece estável, indicando quando é necessário atuar sobre ele e, permitir o aprimoramento do processo, mediante a redução de sua variabilidade.

Para Melo (2001), todas as pessoas envolvidas no processo devem contribuir para a solução do problema; logo, para isso, elas devem participar das reuniões de análise das causas, enriquecendo as teses com diversos pontos de vista.

Segundo Campos (2004), a análise de processo é uma sequência de procedimentos lógicos, baseada em fatos e dados que têm como objetivo localizar a causa fundamental dos problemas.

#### **2.2.4 Cartas de controle**

As cartas de controle é uma ferramenta utilizada para auxiliar na observação do comportamento de um processo, ela fornece procedimento de identificação e de quantificação do tipo de variação existente em um processo, nos apresentando se o processo esta estável ou instável.

Para Aguiar (2006), essa ferramenta quando utilizada junto ao PDCA, possibilita avaliar a estabilidade de um processo, quantificar a variação de processos estáveis, identificar a ocorrência de causas assinaláveis e, obter informações que auxiliem na identificação das causas das anomalias.

Segundo Abrantes (2009), todo o processo apresenta variações por causas aleatórias e causas especiais, sendo as aleatórias devido à variabilidade natural do processo, e as especiais são devidos as perturbações ocasionais.

### 2.2.5 Capacidade do Processo

A capacidade de um processo tem por objetivo verificar se um dado processo atende ou não as especificações, para Costa (2009), a capacidade de um processo é produzir itens conformes, ou seja, de acordo com as especificações de projeto.

A capacidade do processo é definida como índice estatístico de Capabilidade ( $C_p$ ) pode ser mensurada como Desempenho do Processo ( $P_p$ ) que expressa o percentual de variabilidade do processo em relação à variabilidade aceitável. Este índice é mensurado pela a equação.

$$P_p = 100(1/C_p) \quad (1)$$

Para Ramos (2000), os dois itens mais utilizados para o estudo de capacidade são  $C_p$ , que é a razão entre a tolerância e a dispersão total do processo e  $C_{pK}$  que é o menor valor entre limite inferior e o limite superior.

Segundo Samohyl (2009), o índice de Capabilidade como um processo centrado entre o limite de especificação superior (LSC) e o limite de especificação inferior (LIC) dividido pela variabilidade natural do processo igual a seis desvios-padrões. Para o mesmo autor o processos não centrados é utilizado o Índice de capacidade  $C_{pk}$ , sendo calculado pela distância entre a média do processo e um dos limites de especificação.

Abaixo as expressões necessária para a obtenção dos itens  $C_p$  e  $C_{pk}$

$$C_p = (LSC - LIC) / 6\sigma \quad (2)$$

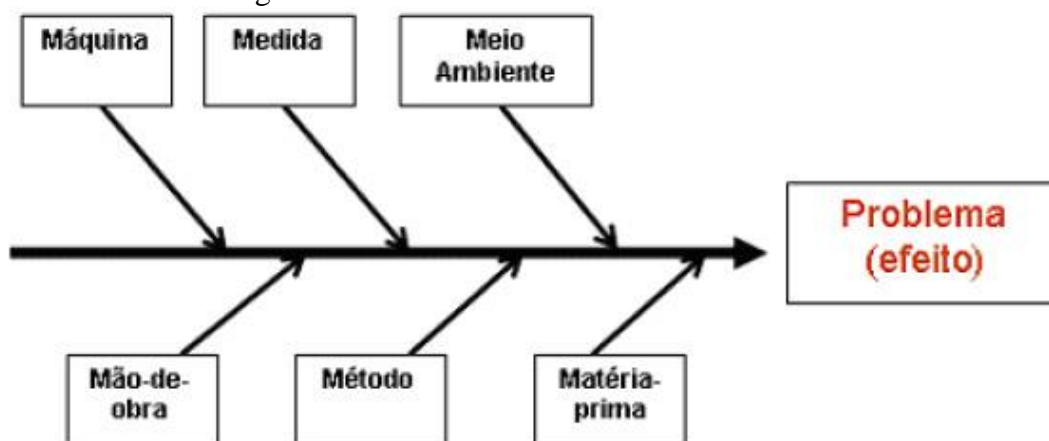
$$C_{pk} = (LSC - X) / 3\sigma, (X - LIC) / 3\sigma \quad (3)$$

Onde LSC é o Limite superior de Controle, LIC é Limite inferior de Controle,  $6\sigma$  são seis desvios-padrões em relação ao valor médio, e  $X$  é o valor médio.

#### 2.2.5.1 Diagrama de Causas e Efeitos

O Diagrama de Causas e Efeitos, também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou Espinha de Peixe, é uma ferramenta utilizada para fornecer o relacionamento entre a causa e o efeito de um problema, é uma das setes ferramentas utilizadas para o gerenciamento do controle da qualidade, onde as causas que afetam o problema são relacionadas a seis tipos de efeitos, sendo eles: método, máquina, medida, meio ambiente, mão-de-obra, material, na Figura 6, temos o modelo do diagrama.

Figura 6- Modelo de Diagrama de Causas e Efeitos



Fonte: Campos (1999)

Segundo Abrantes (2009), o Diagrama de Causas e Efeitos investiga com clareza a relação entre causas e efeitos, tendo como conceito que cada efeito tem várias causas. Para Aguiar (2006), é empregado para dispor o relacionamento entre as causas e o efeito (problema) de interesse.

### 2.2.5.2 *Brainstorming*

A utilização do *Brainstorming* (Tempestade de ideias) é uma das ferramentas da qualidade que tem como objetivo básico a estimulação do trabalho em grupo, onde são incentivados a darem ideias de forma livre, sem críticas, em um curto espaço de tempo (MARSHALL JÚNIOR,2010).

Segundo Aguiar (2006), o *Brainstorming* é uma ferramenta da qualidade usada para encaminhar o raciocínio das pessoas na solução de um problema utilizando o conhecimento que têm sobre ele.

### 2.2.6 Plano de Ação

Na etapa do plano de ação é onde se definem as responsabilidades, os prazos, os custos, os métodos de execução e os indicadores para acompanhamento dos resultados obtidos. Sua implementação se dá por meio da ferramenta 5W2H, a mesma recebe esse nome em função das letras iniciais que vem da lingua inglesa *why* (por que), *what* (o que), *where* (onde), *when* (quando), *who* (quem), *how* (como) e *how many* (quanto custa).

Segundo Marshall Júnior (2010), essa ferramenta é simples e eficaz no auxílio da elaboração do plano de ação e, tomada de ação preventivas e corretivas e, no mapeamento e padronização dos processos.

Para Vieira (2012), o plano de ação apresenta o planejamento do que deve ser feito para que a meta seja alcançada, sendo essa constituída de três partes: Objetivo gerencial, valor e prazo.

Campos (2004), explana que o plano de ação é feito para bloquear as causas fundamentais, dado que as ações são tomadas sobre as causas fundamentais e não sobre os efeitos.

### **2.2.7 Ação**

Nessa etapa é o momento de agir, colocar em prática a execução do plano de ação que foi determinado na etapa anterior, sendo importante que todas as pessoas envolvidas sejam treinadas e capacitadas para que o objetivo seja alcançado.

Abrantes (2009), descreve três passos importantes nessa etapa: O primeiro é treinar as pessoas sobre o método que será utilizado, o segundo passo é a execução do método e, por último, a coleta de dados para verificação do processo.

Para Campos (2004), na etapa da ação é a hora de bloquear as causas fundamentais do problema.

### **2.2.8 Verificação**

A etapa de verificação nada mais é do que ver se tudo que foi descrito no plano de ação está transcorrendo conforme o esperado.

Para Campos (2004), a verificação nada mais é do que analisar os dados coletados na execução, comparando esses resultados obtidos com a meta planejada.

Para Abrantes (2009), a verificação é o passo de verificar o processo e avaliar os resultados obtidos, verificando se o trabalho está sendo realizado de acordo com os padrões estabelecidos.

### **2.2.9 Padronização**

Nessa etapa, após a verificação dos resultados, é possível perceber se as ações realizadas trouxeram benefícios ou não, caso isso tenha ocorrido, elas são padronizadas e transformadas em procedimentos operacionais.

Para Vieira (2012), uma organização que não padroniza suas atividades, não poderá garantir a qualidade do que faz. O mesmo autor diz que padronização é a unificação do comportamento dos indivíduos segundo modelos aceitos por um grupo.

Segundo Campos (2004), a comunicação na padronização é fundamental para que a aplicação dos padrões ocorra em todas as áreas necessárias ao mesmo tempo, assim todos os funcionários envolvidos saberão dos novos padrões ou da alteração nos existentes.

### **2.2.10 Conclusão**

Nessa etapa acontece o arquivamento de todos os documentos e informações utilizadas na solução do problema, pois podem ser aproveitados para soluções de problemas vindouros semelhantes.

Para Campos (2004), essa etapa é a apresentação do que foi realizado ou não realizado juntamente com os resultados. Se estes ocorrerem acima do esperado devem ser apresentados, pois são indicadores importantes para aumentar a eficiência nos futuros trabalhos. O mesmo autor descreve a importância nessa etapa da reflexão, porque é necessário olhar para trás e analisar se todas as etapas foram efetivas, se o cronograma foi cumprido, e se houve a participação dos membros da equipe.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os procedimentos a serem realizados para o desenvolvimento do trabalho, visando-se obter maior conhecimento sobre o tema e um melhor entendimento sobre os aspectos envolvidos nos objetivos da pesquisa.

#### 3.1 Método da pesquisa

Nesse contexto, o presente trabalho caracteriza-se por utilizar de ambos os métodos de pesquisa, sendo assim, a manipulação das informações são qualitativas e quantitativas

Para Marion (2010), pesquisa quantitativa é aquela em que o pesquisador reúne, registra e analisa dados numéricos. Fonseca (2002), acrescenta que a pesquisa quantitativa difere da qualitativa devido à possibilidade de os resultados serem quantificados na forma de um retrato real de toda a população alvo da pesquisa.

Segundo Marconi e Lakatos (2010), a pesquisa qualitativa é aquela que se desenvolve em uma situação natural, rica em dados descritivos e tem um plano aberto e flexível e focalizando na realidade de forma complexa e contextualizada.

Para o mesmo autor, a abordagem qualitativa pode ser requerida para uma pesquisa de levantamento preliminar-piloto, base para a elaboração de um questionário, ou ainda, como suporte necessário para explicar os porquês das relações identificadas na pesquisa quantitativa, ou ainda, pode ser utilizado como único método, dependendo da natureza do problema de pesquisa.

Para Creswell (2007), o método misto que utiliza quantitativa e qualitativa é uma técnica nova que está se desenvolvendo, empregando coleta de dados associadas às duas formas.

A pesquisa caracteriza-se como exploratória, pois envolve levantamento de dados e entrevistas com os operadores que participam diretamente com o problema pesquisado. Para Gil (2010), a pesquisa exploratória tem por objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou construir mais hipóteses. Para Gil (2010), a pesquisa exploratória envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que já tiveram experiências com o problema e análise de exemplos que estimulem a compreensão.

Segundo Marconi e Lakatos (2003), a pesquisa exploratória é compreendida como investigações de pesquisa empírica cujo objetivo é a formulação de questões ou de um



problema, com tripla finalidade: desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente e para clarificar conceitos.

Segundo Mattar (2001), os métodos utilizados pela pesquisa exploratória são amplos e versáteis, visando a prover ao pesquisador um maior conhecimento sobre o tema ou problema de pesquisa. Já para Malhotra (2001), a pesquisa exploratória possibilita a descoberta de novas ideias, proporcionando a definição do problema com maior precisão, tendo também o objetivo de prover critérios e compreensão.

### **3.2 Seleção e abordagem**

O presente estudo caracteriza-se no que se refere a observação, como observador participante, para Gil (2008), a observação constitui elemento fundamental para a pesquisa, apresentando como principal vantagem em relação as outras técnicas, a vantagem de os fatos serem percebidos diretamente, sem qualquer intermediação. A observação pode adotar modalidades diversas, podendo ser observação simples, observação participante e observação sistemática.

O método pesquisador participante tem limitações devido a responsabilidade recair quase toda sobre o observador, é a técnica de captação de dados menos estruturada, pois não tem qualquer instrumento específico que direcione a observação. Para Haguette (1995), o método pesquisador participante apresenta limitações devido a percepção do observador, que pode ser alterado em decorrência do seu envolvimento com o meio.

Segundo Gil (2008), a observação participante, consiste na participação real do conhecimento na vida da comunidade, do grupo ou de uma situação determinada, onde o observador assume até certo ponto o papel de um membro do grupo.

Para Bardin (1997), na observação participante, o observador coloca-se na posição dos observados, inserindo-se no grupo a ser estudado como se fosse um deles, assim tem mais condições de compreender os hábitos, atitudes e interesse daquele grupo.

### **3.3 Coleta e análise de Dados**

Para coleta de dados e informações será utilizado como fonte de pesquisa o programa que a empresa utiliza em sua operação, o Sistema de Controle da Qualidade (SIQUAL), juntamente a dados históricos de planilha em Microsoft Excel fornecida pelo setor de controle de qualidade da empresa.

O SIQUAL, é um software que registra todas as informações a respeito da qualidade do cimento, ficando disponíveis essas informações para que os clientes possam acompanhar o produto que estão adquirindo.

A amostragem será realizada com os dados históricos do processo, onde com apoio das ferramentas do MASP, serão analisadas a fim de que se possa entender o processo de fabricação do cimento e buscar atender os objetivos deste trabalho.

Será realizada uma entrevista não estruturada com o gerente e técnicos do controle de qualidade da unidade, na busca de uma melhor compreensão dos fatores que impactam no desvio da resistência do cimento.

Para Cervo & Bervian (2002), a entrevista é uma das principais técnicas para coleta de dados, podendo ela ser definida como uma conversa entre o pesquisador e o entrevistado, uma vez que se segue um método para obter informações relevantes sobre o tema pesquisado. Já para Lakatos e Marconi (1999), entrevista é o encontro entre duas pessoas, a fim de que uma delas obtenha informações a respeito de um determinado assunto.

Para Manzini (2004), existem três tipos de entrevistas: estruturada, semiestruturada e não estruturada. Entrevista estruturada é aquela que apresenta perguntas fechadas, não tendo flexibilidade; entrevista semiestruturada é aquela direcionada por um roteiro pré-definido com questões abertas; já a entrevista não estruturada apresenta liberdade na elaboração das perguntas e na intervenção da fala do entrevistado.

### **3.4 Limitação do método**

As informações obtidos através do software SIQUAL podem sofrer variações, devido à inserção dos dados ser feita por outras pessoas que fazem parte do processo, portanto, tais informações, podem sofrer alterações no momento do registro por equívoco do operador.

Os ensaios de resistência à compressão são realizados na unidade da Intercement localizada na cidade de Nova Santa Rita (RS), onde pode ocorrer atraso nas análises, devido às amostras serem transportadas por meio dos correios e, esse tempo de deslocamento atrasar o resultado em alguns dias. A garantia na aferição dos equipamentos de teste é de suma importância no momento da análise, garantindo um resultado confiável, assim, a empresa possui certificados de qualidade, entretanto, o pesquisador não tem acesso aos laudos de calibração desses equipamentos.

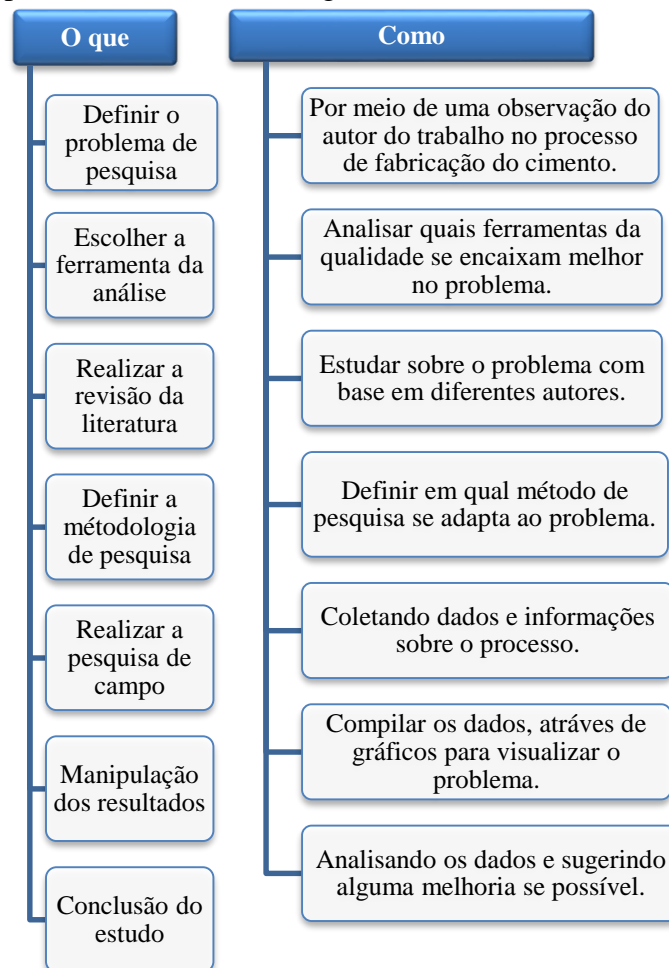
No que tange às entrevistas, seus limitantes são decorrentes da má interpretação por parte do respondente às questões realizadas, dificuldade de expressão e comunicação em

ambas as partes, da indisponibilidade de dar informações a respeito do tema, variabilidade do senso de humor do entrevistado no momento da pesquisa e muitas vezes da demanda do tempo do entrevista , que nem sempre é disponível.

### 3.5 Procedimentos metodológicos

Como procedimentos metodológicos, foram adotadas para o presente trabalho, conforme a Figura 7, as seguintes etapas:

Figura 7- Etapas dos procedimentos metodológicos



Fonte: Autor(2015).

## 4 RESULTADOS E ANÁLISE DA PESQUISA

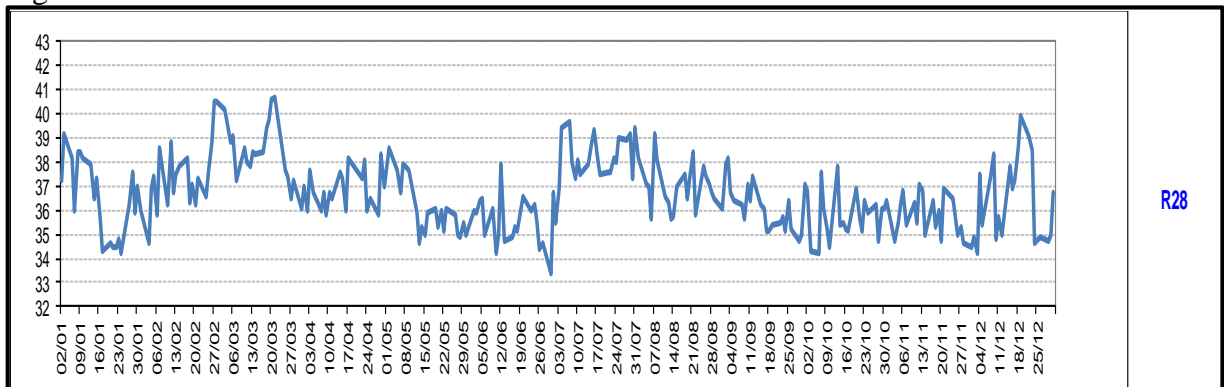
Neste capítulo serão apresentados os resultados decorrentes das observações, entrevistas realizadas com colaboradores da unidade do estudo e, coletas realizados no campo de estudo, bem como, as análises realizadas pelo autor no que se refere as figuras de resistência a compressão apresentados, verificação dos principais componentes utilizados na fabricação do cimento, juntamente com outros fatores que acabam interferindo no desvio padrão do cimento.

### 4.1 Identificação do Problema

Nesta etapa foram analisados os dados referentes ao cimento expedido no período de dois anos (2014 a 2015), quanto a sua resistência à compressão. Esta análise é resultado de testes em um corpo de prova que atende a norma ABNT NBR 5736, onde no seu vigésimo oitavo dia de idade o cimento CPIV-32 deve apresentar valores acima de 32 MPa.

Na Figura 8, têm-se os resultados obtidos nas análises de resistência à compressão realizada no período de 02 de Janeiro a 25 de dezembro de 2014.

Figura 8- Resistência de 28d no ano de 2014

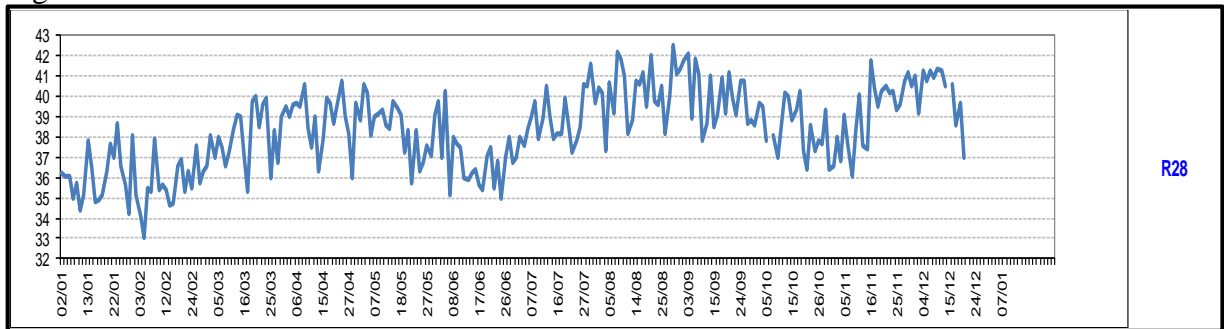


Fonte: Intercement S.A. (2016)

No ano de 2014 podemos perceber algumas oscilações na resistência à compressão, mas nunca valores abaixo de 32 MPa, que é o valor de especificação do produto.

Na Figura 9, vemos os resultados obtidas nas análises de resistência a compressão realizados no período de 02 de Janeiro à 24 de dezembro de 2015.

Figura 9- Resistência 28d no ano de 2015



Fonte: Intercement S.A. (2016)

De acordo com os dados apresentados, no ano de 2014 identifica-se uma média de resistência a compressão igual a 36,67 MPa e um desvio padrão acumulado de 1,46 MPa, para o ano de 2015, observa-se uma média de 38,39 MPa e um desvio padrão acumulado de 1,94 MPa, no produto expedido ao cliente.

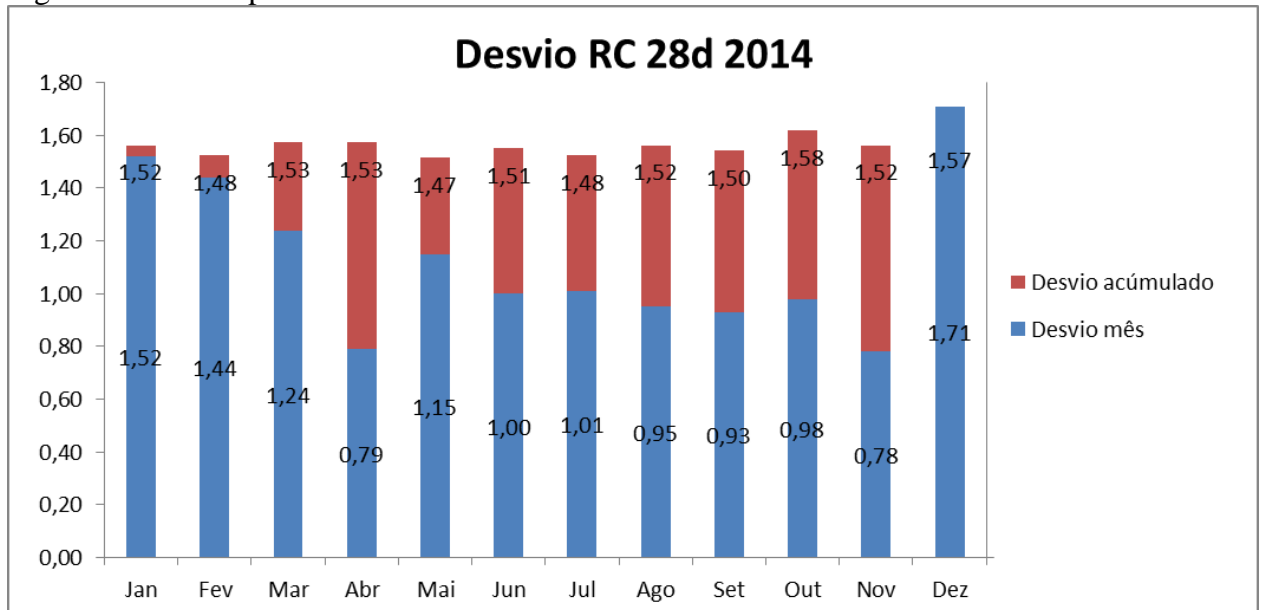
No ano de 2014, a meta definida pela empresa foi de de 37 MPa, entretanto, a partir do ano de 2015, a meta foi elevada para 38 MPa, ficando 6 MPa acima do que estabelece a norma ABNT NBR 5736. Este aumento tem como finalidade melhorar a performance do produto e, garantir que as oscilações no processo não penalizarão seus clientes.

Com isto, objetiva-se aumentar a margem de segurança no processo de produção do cimento para trabalhar mais próximo ao valor estabelecido pela norma, assim aumentado sua margem de lucro com a redução de clínquer.

#### 4.1.1 Observação

Neste momento foi feito uma observação do problema em questão, utilizando dados numéricos do ano de 2014 e 2015 onde, com o apoio do Microsoft Excel extratificou-se alguns dados relevantes ao problema. Nas figuras abaixo é possível ver o desvio padrão da resistência a compressão de cada mês, juntamente com o desvio padrão acumulado do ano, valor acumulativo que visa analisar o desvio de todas as amostras de cimento expedidos no ano.

Figura 10- Desvio padrão do mês e desvio acumulado de 2014

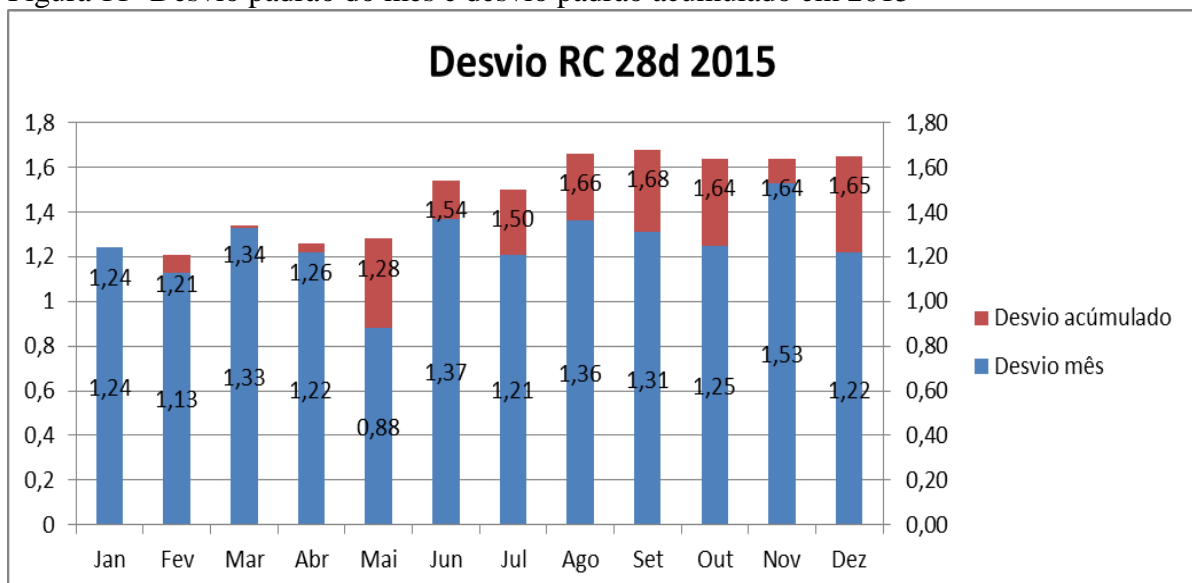


Fonte: Intercement S.A. (2016)

Na Figura 10- Desvio padrão do mês e desvio acumulado de 2014, podemos perceber que no mês de janeiro o desvio do mês e o desvio acumulado são os mesmos pois, a empresa determinou que o desvio são monitorados apenas no ano em exercício.

Na Figura 11, temos o desvio padrão de cada mês de 2015, juntamente com o desvio padrão acumulado, mesmo procedimento do ano anterior.

Figura 11- Desvio padrão do mês e desvio padrão acumulado em 2015



Fonte: Intercement S.A. (2016)

No período de abril e maio de (2015), o desvio acumulado teve tendência a queda, mostrando a boa estabilidade operacional no período, porém no restante dos meses saiu do patamar de 1,20 para 1,6 MPa. É notável que mesmo o desvio padrão do cimento no mês apresentando queda, o desvio do ano segue em elevação, isso acontece pela diferença da resistência 28d de um mês para outro, como por exemplo temos o mês de maio de 2015 com média da RC 28d de 39,02 com desvio padrão de 0,88, no mês seguinte tivemos uma média de RC 28d de 36,89 com desvio padrão de 1,37, isso faz com que o desvio padrão acumulado seja elevado.

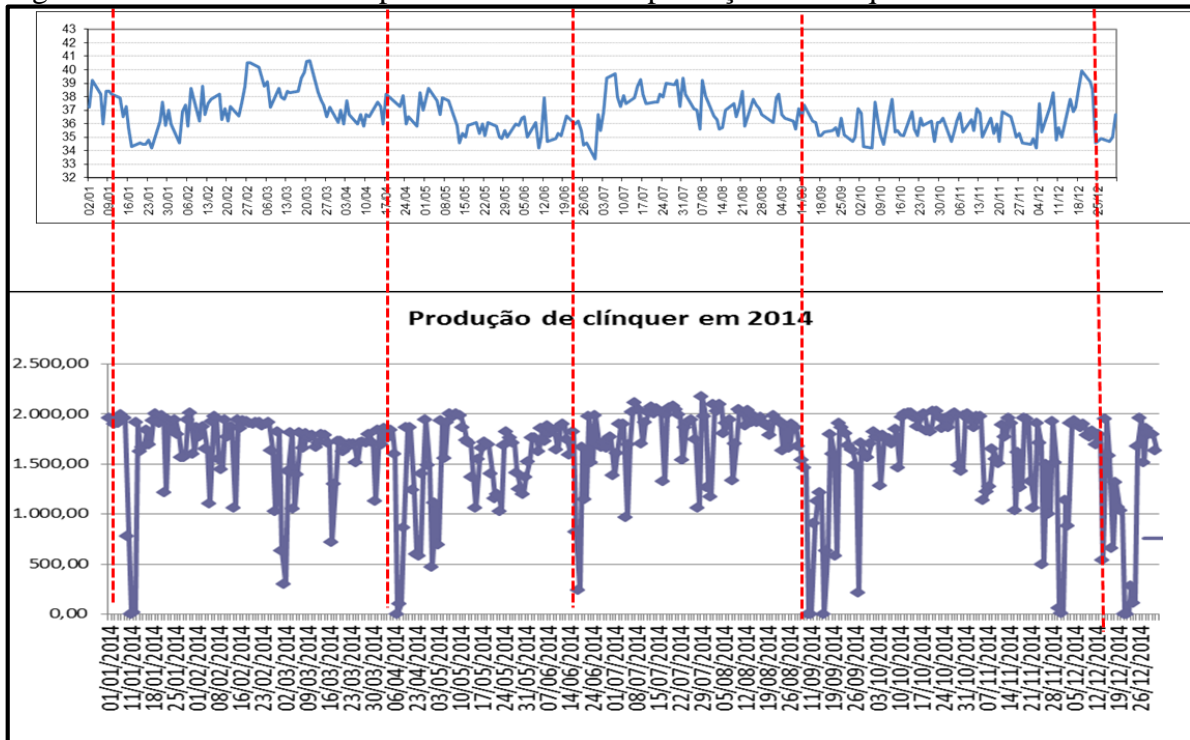
#### **4.1.1.1 Utilização do *Brainstorming***

Uma forma de identificar as possíveis causas do desvio padrão do cimento é a utilização do *Brainstorming*, onde são geradas novas ideias a partir da discussão em grupo, todos participantes tem a liberdade de expressar suas ideias e opinião.

A utilização do *Brainstorming* junto aos três colaboradores do controle de qualidade e de três da produção foi bastante eficaz, pois possibilitou uma discussão sob diferentes pontos de vista, as informações coletas nessa análise servirão para alimetar o Diagrama de Causas e Efeitos.

Com informações levantadas no *Brainstorming* foi possível verificar a influência do estoque de clínquer na produção de cimento, pois quando a produção de clínquer esta parada a produção do cimento fica comprometida. Essa afirmativa é percebida na Figura 12, temos a resistência à compressão do cimento e produção de clínquer.

Figura 12- Resistência à compressão e volume de produção de clínquer em 2014



Fonte: Intercement S.A. (2016)

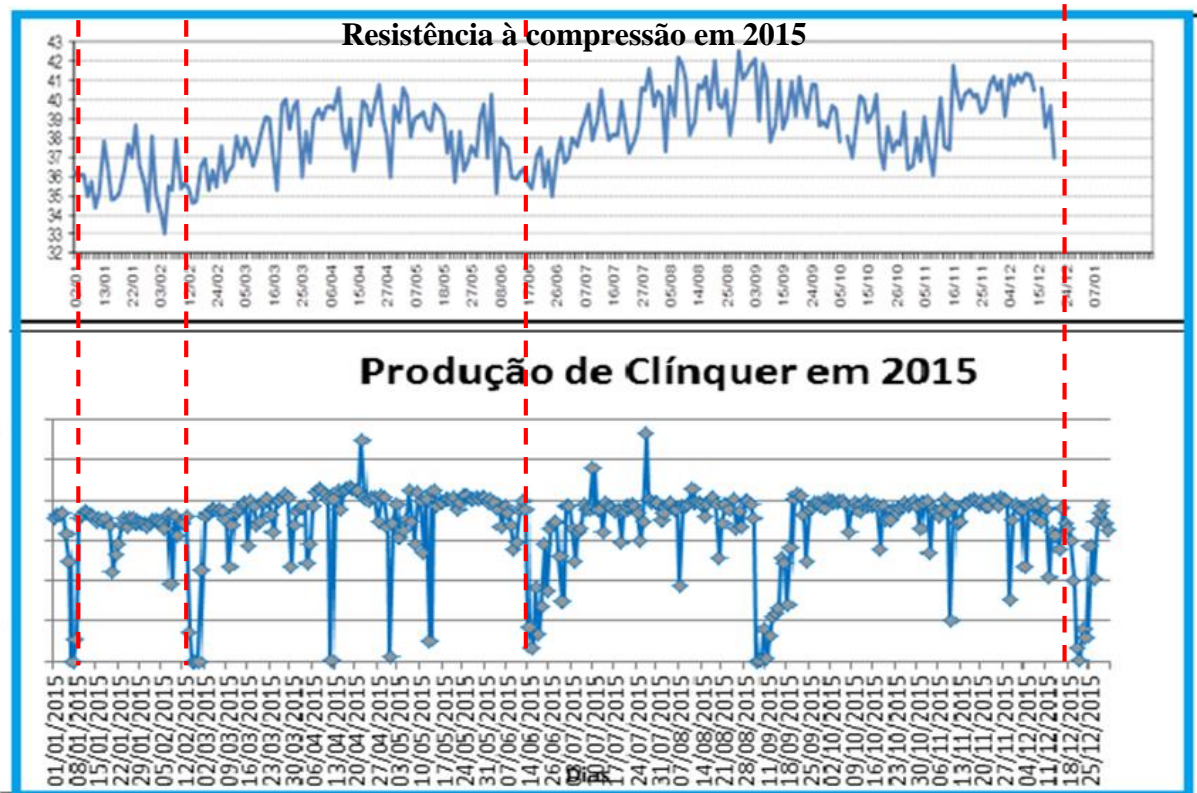
Podemos perceber que ao parar a produção de clínquer a resistência do cimento sofre queda, no ano de 2014 tivemos cinco paradas de produção de clínquer (Janeiro parou dez dias, abril parou 17 dias, junho parou 6 dias, setembro parou 6 dias e dezembro teve várias paradas curtas com o somatório de horas no mês chegando a dois dias) nesse mesmo período a resistência à compressão caiu, esse fato ocorre devido a má qualidade do Silicato Tricálcio (C3S), nesse período.

Esse fato ocorre devido o estoque de clínquer no silo baixar muito, onde o processo passa a ser alimentado com clínquer menos reativo (clínquer velho) e outro fato importante é que a cada retomada de produção de clínquer o processo passa por um período de *setup* que reduz a qualidade do mesmo, afetando a qualidade do cimento também.

No ano de 2015, conforme Figura 13, podemos observar o mesmo problema citado acima.



Figura 13- Resistência à compressão e volume de produção de clínquer em 2015



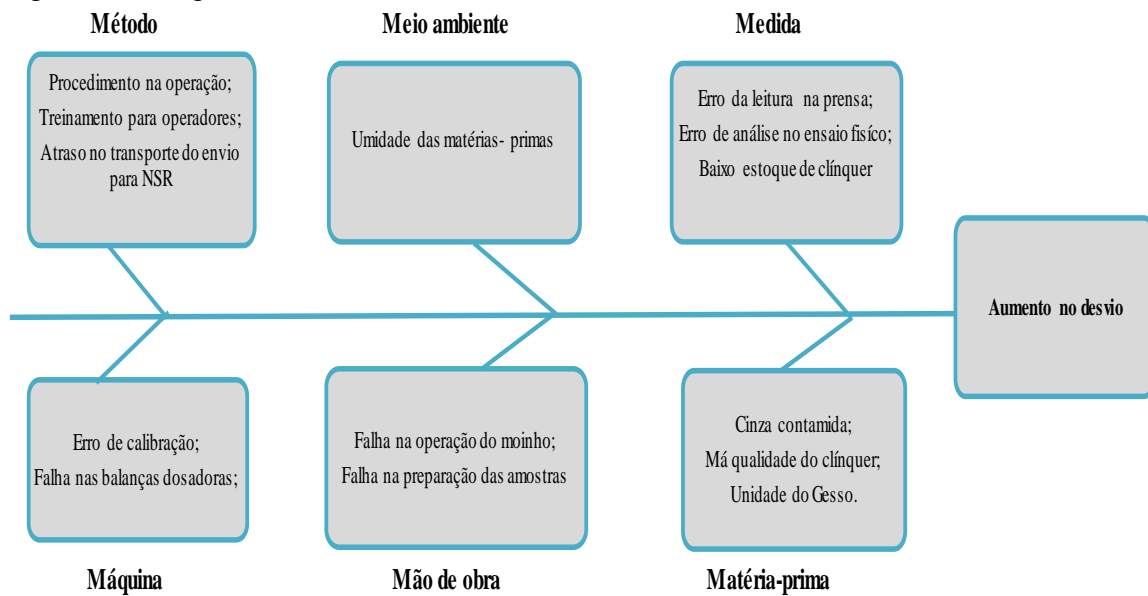
Fonte: Intercement S.A. (2016)

Em 2015 tivemos os mesmos problemas com relação às paradas de produção de clínquer, que acabam interferindo no desvio padrão da resistência à compressão do cimento

#### 4.1.2 Análise

Nessa etapa de análise do problema, onde o principal objetivo é descobrir as principais causas para saber se o desvio acontece sempre na mesma época, ou situações parecidas. Foi possível analisar a influência da parada de produção de clínquer utilizando ferramentas da qualidade, uma dessas ferramentas é o Diagrama de Causas e Efeito que atua como um guia para identificação da causa fundamental, na Figura 14 é apresentada a aplicação do Diagrama, com o problema principal.

Figura 14- Diagrama de Causas e Efeito



Fonte: Autor (2016)

Através do *Brainstorming* realizado foi possível elencar vários fatores que acabam influenciando no desvio da resistência do cimento, ficando esses mais explícitos a fim de serem solucionados. Todas as causas listadas no *Brainstorming* foram utilizadas na Análise de Causas, aplicando a ferramenta dos 5 porquês.

A utilização da técnica dos 5 Porquês que parte da premissa que após perguntar cinco vezes o porquê o problema ocorre, encontra-se a causa raiz ao invés da fonte de problema, foi utilizada essa técnica para ter uma causa raiz mais precisa. Na Figura 15, abaixo é possível observar a descoberta das causas raízes

Figura 15- Análise de causas

Análise de causas dos principais pontos levantados no Brainstorming						
Causas prováveis	1º Porquê?	2º Porquê?	3º Porquê?	4º Porquê?	5º Porquê?	CAUSA RAIZ
Procedimento na operação	Não tem procedimento para os operadores	Ausência de procedimento				Ausência de procedimento
Treinamento para os operadores	Para qualificar os operadores	Para ter um resultado confiável	Para ser assertivo na correção	Para ter um menor desvio na RC28d		Menor desvio na RC28d
Atraso no envio das amostras	As amostras são enviadas para outra unidade	Não são realizados os ensaios físicos na unidade	Não tem laboratório de ensaio físico			Não tem laboratório de ensaio físico
Umidade das matérias-primas	Procedimento ineficiente do fornecedor					Procedimento ineficiente do fornecedor
Erro de leitura na prensa	Má interpretação do operador	Ausência de treinamento				Ausência de treinamento
Erro de análise no ensaio físico	Erro na preparação da amostra	Operador novo na função	Troca de operador			Troca de operador
Baixo estoque de clínquer	Produção de clínquer parada	Manutenção no forno				Manutenção no forno
Cinza contaminada	Procedimento ineficiente do fornecedor					Procedimento ineficiente do fornecedor
Má qualidade do clínquer	Baixo estoque de farinha	Moinho de cru parado	Baixo estoque de calcário	Britador parado	Manutenção corretiva no Britador	Manutenção corretiva no Britador
Falha na operação do moinho	Operação do moinho em segundo plano	Operador prioriza a operação do forno	Tem apenas um operador			Tem apenas um operador
Falha nas balanças dosadoras	Acúmulo de material	Falta de inspeção do operador	Acúmulo de função do operador da área			Acúmulo de função do operador da área
Erro de calibração das balanças	Falta de calibração nos equipamentos	Atraso no plano de calibração				Atraso no plano de calibração

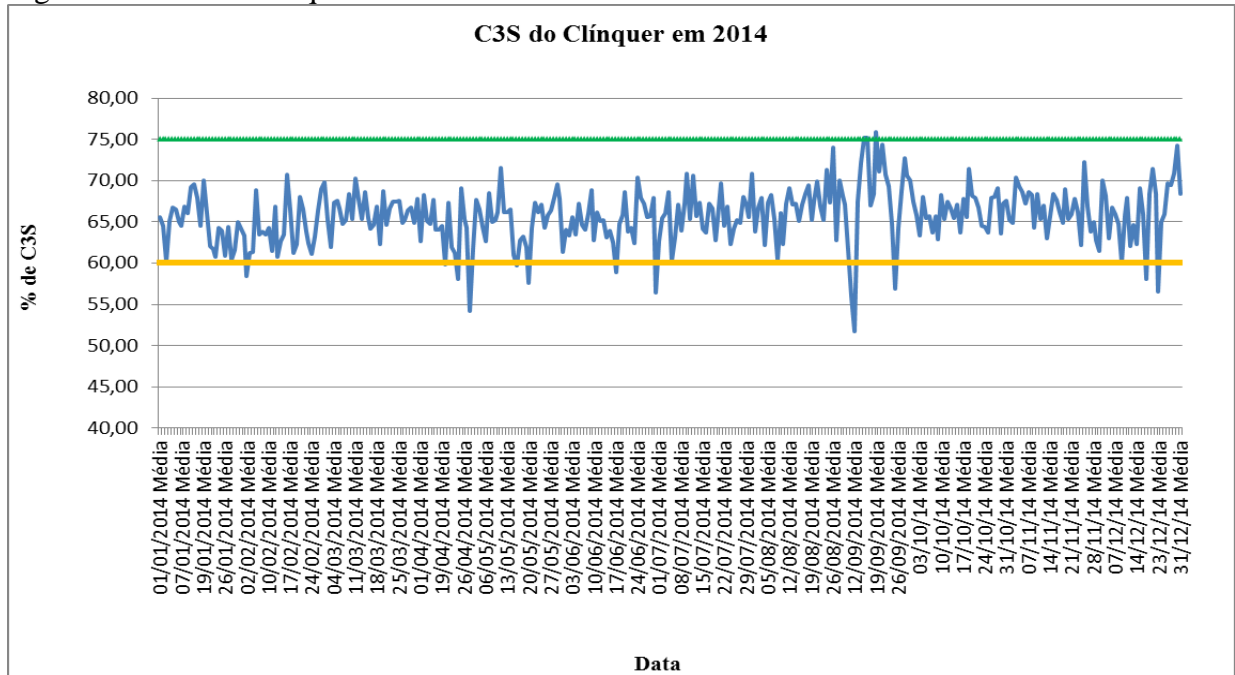
.Fonte: Autor (2016)

Aplicando a técnica dos 5 Porquês encontramos doze causas raízes para fomentar a ferramenta 5W2H.

#### 4.1.2.1 Principais causas da interferência no desvio

Sendo o clínquer o principal componente utilizado na fabricação do cimento, ele tem grande influência na resistência, onde sua composição química está diretamente relacionada a este fator. Dentro da composição química do clínquer temos o Silicato tricálcio (C3S), que tem grande influência na RC28d, onde qualquer oscilação na sua qualidade pode afetar o cimento produzido com o mesmo. Nas Figura 16 e Figura 17, baixo é possível ver variação do C3S nos anos de 2014 e 2015.

Figura 16- C3S do clínquer no ano de 2014



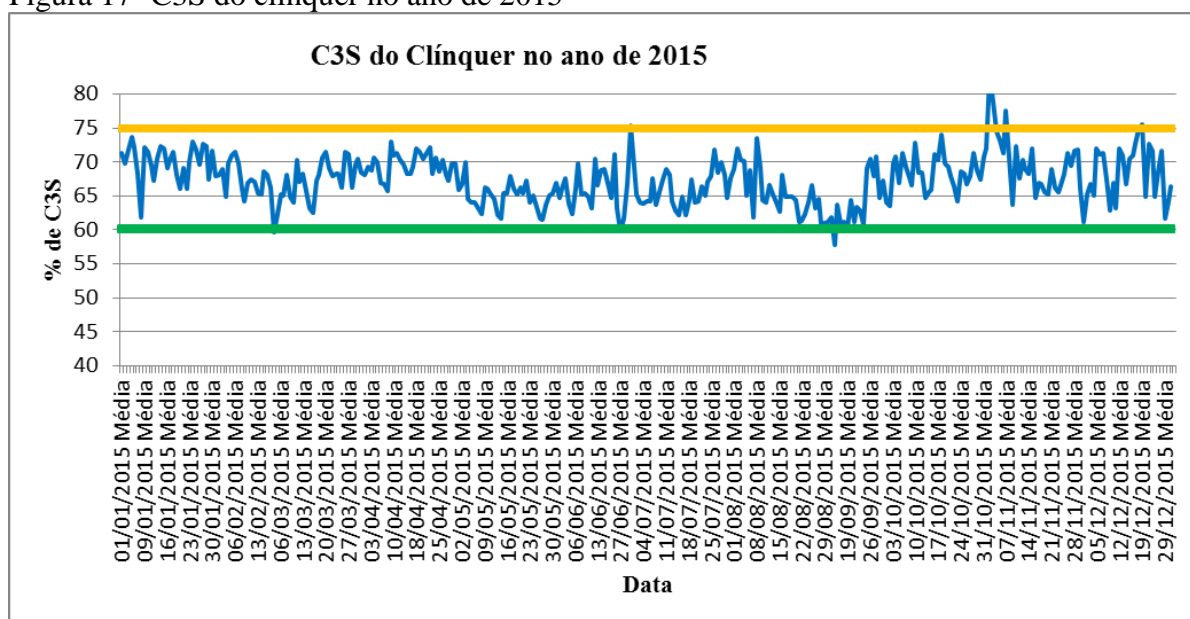
Fonte: Intercement S.A. (2016)

A empresa em questão determinou os limites de controle para o percentual de C3S, onde a meta é 65, tendo limite inferior de 60 e o limite superior de 75, valor abaixo ou acima podem afetar o desvio padrão do cimento.

Com utilização da equação número (2), obtemos o valor Capabilidade do processo, onde foi utilizado 331 resultados que apresentaram um desvio padrão de 5,74, a capacidade foi de 0,43, sendo assim o processo apresentou-se incapaz pelo fato de ter apresentado valor menor que 1.

No ano de 2015, os limites de controle para a produção de clínquer foram os mesmos do ano anterior, na Figura 17, é possível analisar a qualidade do clínquer produzido.

Figura 17- C3S do clínquer no ano de 2015



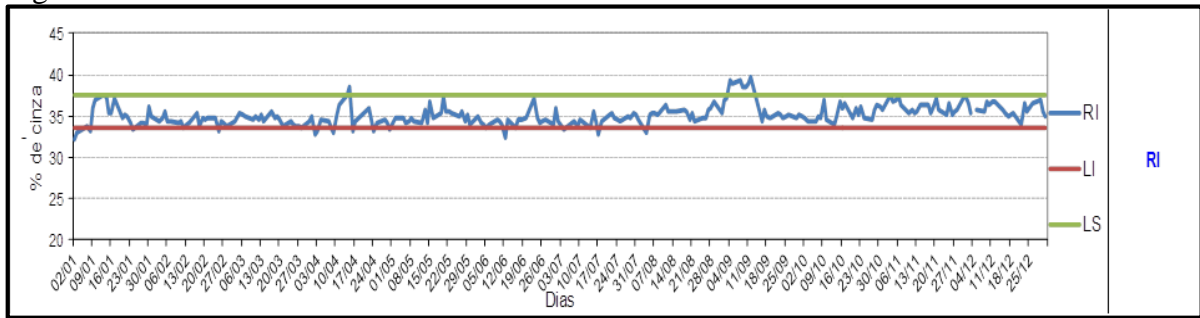
Fonte: Itercement S.A (2016)

Na Figura 17 do clínquer produzido em 2015, podemos perceber uma maior variação do que no ano anterior, isso mostra o aumento que tivemos no desvio padrão do cimento no ano de 2014 para 2015. Com aplicação da equação (2), obtemos o valor Capacidade do processo, onde foi utilizado 325 resultados que apresentaram um desvio padrão de 5,34, a capacidade foi de 0,46, sendo assim o processo apresentou-se incapaz pelo fato de ter apresentado valor menor que 1.

As adições são matérias-primas que adicionadas ao clínquer na fase moagem, permitem a fabricação de diversos tipos de cimentos Portland, uma delas é a cinza de carvão mineral, que quando pulverizadas em partículas muito finas, também passam a apresentar a propriedade de ligante hidráulico.

A quantidade de cinza de carvão é mensurada no cimento pela análise química de resíduo insolúvel em ácido clorídrico (R.I), esse percentual na unidade em estudo e analisado de quatro em quatro horas, pois caso ocorra uma falha na dosagem de cinza o sistema compensa dosando Clínquer, este fato pode ocorrer uma elevação na resistência à compressão. Nos gráficos abaixo podemos perceber as análises de R.I ( Resíduo insóluel) no ano de 2014 e 2015.

Figura 18- Análise de Resíduo insolúvel em 2014

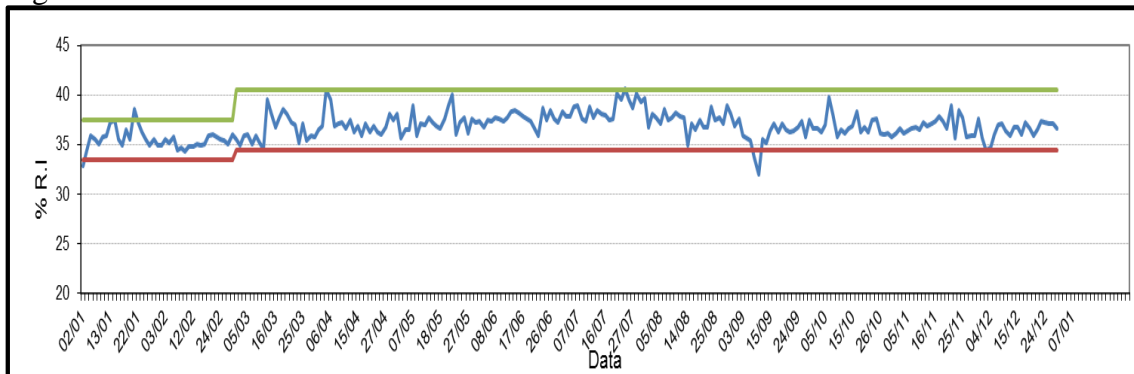


Fonte: Itercement S.A (2016)

Na Figura 18 temos os limites de controle inferior e superior da análise, sendo estes determinados pela empresa para controlar o processo, o limite inferior é de 33,5 e o limite superior é 37,5. Com aplicação da equação número (2), obtemos o valor de Capacabilidade do processo, onde foi utilizado 253 resultados que apresentaram um desvio padrão de 1,26 a capacidade foi de 0,53, sendo assim o processo apresentou-se incapaz pelo fato de ter apresentado valor menor que 1.

No mês de abril e setembro temos valores acima do limite de controle superior pelo fato apresentado na Figura 12- Resistência à compressão e volume de produção de clínquer, onde a produção de clínquer estava parada, ocorrendo alteração na adição de cinza nesse período. Na Figura 19 abaixo temos a análise de R.I no ano de 2015

Figura 19- Análise de Resíduo insolúvel em 2015



Fonte: Itercement S.A (2016)

No ano de 2015 houve a troca dos limites de controle no mês de março, onde ocorreu a troca de adição para adequação do produto, o limite de controle inferior foi de 33,5 para 34,5 e o limite superior foi de 37,5 para 40,5. Com a utilização da equação número (2), obtemos o valor de Capacabilidade do processo, onde foi utilizado 249 resultados que apresentaram um

desvio padrão de 1,32, a capacidade foi de 0,75, sendo assim o processo apresentou-se incapaz pelo fato de ter apresentado valor menor que 1.

No mês de setembro tivemos resultados abaixo do limite de controle inferior devido a alteração na adição, pois a produção de clínquer esteve parada 15 dias neste mês, onde ocorreu um acréscimo de clínquer na adição e uma redução de cinza, essa redução faz com que a análise de R.I tenha queda.

### **4.1.3 Plano de Ação**

Nesta etapa é onde se define as responsabilidades, os prazos e os custos, quando melhor elaborado o plano de ação, maior a garantia de atingir a meta, uma das principais ferramentas para montar um plano de ação é o 5W2H. Na Figura 20, é apresentado o plano de ação que foi elaborado pelo autor.

Figura 20- Plano de ação

D PLANO DE AÇÃO 5W2H								
CAUSA	O QUE FAZER? (AÇÃO)	QUEM? (Responsável)	QUANDO		COMO?	POR QUÊ?	ONDE?	QUANTO?
			INÍCIO	FIM				
Ausência de procedimento	Criar procedimento para os operadores	Gerente do controle de qualidade	05/05/2016	01/08/2016	Criando procedimento para auxiliar na alteração das balanças	Para que todos os operadores atuem da mesma maneira	Painel de controle	Sem custo
Menor desvio na RC28d	Treinar os operadores nas análises	Téc. De Controle de qualidade	02/02/2016	01/06/2016	Treinando todos os operadores	Para ser mais conviável o resultado das análises	Laboratório	Sem custo
Não tem laboratório de ensaio físico	Instalar um laboratório para ensaios físicos	Gerente da unidade	02/02/2016	30/12/2016	Buscando recurso junto a empresa	Para ter um tempo de resposta mais rápido	Laboratório	Custo elevado
Procedimento ineficiente do fornecedor	Verificar junto ao fornecedor	Suprimentos	01/03/2016	01/06/2016	Melhorando o contrato em relação a umidade do material	Para não ter obstrução na entrada do material no moinho de cimento	Na Unidade	Custo baixo
Ausência de treinamento	Treinar os operadores nos ensaios físicos	Téc. De Controle de qualidade	02/02/2016	01/06/2016	Realizando treinamento com os operadores	Para evitar equívocos	Laboratório em Nova Santa Rita	Sem custo
Troca de operador	Treinar mais os operadores nos ensaios físicos	Téc. De Controle de qualidade	02/02/2016	01/06/2016	Realizando treinamento com os operadores	Para ter mais operadores preparados	Laboratório em Nova Santa Rita	Sem custo
Manutenção no forno	Aumentar o estoque de clínquer	Gerente do controle de qualidade	02/01/2016	30/01/2016	Aumentando o estoque de segurança no silo	Para o clínquer se manter reativo sempre	Na Unidade	Sem custo
Procedimento ineficiente do fornecedor	Aumentar a frequência de análise no recebimento	Gerente do controle de qualidade	02/01/2016	30/01/2016	Analisando a cinza conforme recebimento	Para garantir a qualidade da matéria-prima	Na Unidade	Sem custo
Manutenção corretiva no Britador	Aumentar as manutenções preventivas	Gerente de manutenção	01/04/2016	01/08/2016	Aumentado a frequência das inspeções	Para melhorar a fiabilidade dos equipamentos da Britagem	Britagem	Custo baixo
Tem apenas um operador	Contratar outro operador	Gerente de Produção	01/03/2016	01/10/2016	Buscando recurso junto a empresa	Para garantir a boa performance de todos os equipamentos	Na Unidade	Custo alto
Acúmulo de função do operador de área	Contratar um analista por turno	Gerente da unidade	01/05/2016	30/07/2016	Buscando recurso junto a empresa	Para distribuir as funções	Na Unidade	Custo alto
Atraso no plano de calibração	Cumprir o plano de calibração	Gerente de Manutenção	01/03/2016	30/07/2016	Adequando o quadro de funcionário da manutenção	Para garantir a boa performance de todos os equipamentos	Na Unidade	Custo médio

Fonte: Autor (2016)

O plano de ação foi construído a partir das causas raízes, onde ficou definido o que fazer para bloquear as causas, e os responsáveis pela execução das ações com prazo estabelecidos, a empresa irá analisar, caso seja viável, irão colocar em operação.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para alcançar resultados satisfatória nesta pesquisa primeiramente buscou-se: Aplicar a Metodologia de Análise e Solução de Problema (MASP), onde no primeiro passo foi identificado o problema do desvio padrão da resistência do cimento, seguindo a aplicação da ferramenta realizou-se uma observação com a descoberta da frequência de ocorrência do problema, onde foi aplicado o *Brainstorming* junto aos colaboradores do laboratório e da produção. No terceiro passo do MASP que é a Análise foi levantados todos os fatores que acabavam interferindo no problema, onde foi descoberto a influência da parada da produção de clínquer e a alteração nas adições da produção do cimento.

Dentro da análise utilizou-se algumas ferramentas da qualidade, tais com Diagrama de Causas e Efeitos (Figura 14), análise de causas com aplicação dos 5 Porquês (Figura 15).O quarto passo que é o plano de ação, foi realizado com base nos dados levantados na Analises de causas para descoberta das causas raizes, que foram utilizados no plano de ação 5W2H (Figura 20).

Alcançando os objetivos específicos, foi respondido o objetivo principal da pesquisa que era analisar as causas de variação no processo de fabricação de cimento do tipo CPIV-32 que prejudicam a resistência à compressão.

Com os resultados apresentados percebemos a influência do clínquer no desvio do cimento, onde foi apresentado seu índice de capacidade sendo considerado incapaz, outro ponto é que, a cada parada de produção do mesmo o desvio do cimento é elevado, esse fato será resolvido com uma ação de aumentar o estoque de segurança de clínquer.

O ser humano tem interferência diretamente no processo, esse fato é minimizado com treinamento para os colaboradores, melhorando a qualidade de informações que são transformadas em resultados.

### 5.1 Limitações da pesquisa

Foi encontrado algumas limitações na pesquisa em relação aos treinamentos com os colaboradores da unidade de Nova Santa Rita (RS) que são os responsáveis pelo ensaio de compressão do cimento da unidade de Candiota, a solicitação de treinamento para os colaboradores foi apresentada para o responsável pelo laboratório da unidade de.NSR.

Também torna-se importante salientar que não foi possível acessar aos laudos de calibração dos equipamentos do laboratório de NSR., tendo a dificuldade de contato com o responsável pela aferição dos equipamentos.

No que tange a entrevista ocorreu um imprevisto com a troca da gestão responsável pelo controle de qualidade, onde foi entrevistado um na primeira etapa da pesquisa e, outro na conclusão do trabalho, com isso ocorreu alguma perda de informação.

Não foi possível cumprir o plano de trabalho, onde foi finalizado com a elaboração do plano de ação que ficou disponível para empresa coloca-lo em prática.

## **5.2 Sugestões de pesquisas futuras**

No transcorrer da pesquisa em função do clínquer ser o principal componente na produção do cimento, verificou-se a necessidade de uma melhor avaliação nesse produto, com estudo na sua composição química e no seu processo de fabricação, pois resultados fora dos limites de controle acabam impactando na sua qualidade.

Sugere-se também um estudo no ensaio à compressão do cimento na própria empresa, pois como o ensaio é realizado em outra unidade do grupo, não houve a oportunidade de acompanhar esse processo, sendo ele de suma importância para a realização desse trabalho.

## 6 REFERÊNCIAS

ABRANTES, José. **Gestão da qualidade**. Rio de Janeiro : Interciência, 2009.

AGUIAR, Silvio. **Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa seis sigma**. Nova Lima: Tecnologia e serviço Ltda, 2006.

ARIOLI, E. E. **Análise e solução de problemas: O método da qualidade total com dinâmica de grupo**. 1. Ed. Rio de Janeiro: Qualitym arc, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). Disponível em: <51d51P://www.abcp.org.br/>. Acesso em: 07 setemb.;2015.

\_\_\_\_\_. **A versatilidade do cimento brasileiro**. 2009. Disponível em: <51d51P://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/tipos/a-versatilidade-do-cimento-brasileiro>. Acesso em 07 setemb.; 2015.

\_\_\_\_\_. **Básico sobre cimento**. 2009. Disponível em: <51d51P://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/basico/basico-sobre-cimento> . Acesso em: 07 setemb.; 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. NBR 5736: Cimento Portland pozolânico. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_. NBR 7215: Cimento Portland pozolânico. Rio de Janeiro, 1996.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70.

BATTAGIN, A. F. **Uma breve história do cimento Portland**. São Paulo: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2009. Disponível em: <51d51P://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/historia/uma-breve-historia-do-cimento-portland >. Acesso em 07 setemb.; 2015.

CAMPOS, VICENTE FALCONI, 1940. **Controle de Qualidade Total**. MG: INGD Tecnologia e Serviços LTDA, 2004.

CERVO, A. L. BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. 5. Ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

COSTA, ANTONIO F. BRANCO. **Controle estatístico de qualidade**. 2. Ed. 3 reimpr. São Paulo: Atlas, 2009.

CIMENTO. Disponível em: <[//cimento.org/](http://cimento.org/)> . Acesso em 25 outubr.,2015.

CRESWELL, J. W. Projeto de pesquisa: **Método qualitativo, quantitativo e misto**. 2. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

FARENZENA, H. **Manual descritivo Serrana**. Cimbagé, Candiota, 1999.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Apostila. Fortaleza: UEC . 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Método e técnicas de pesquisa social**. 6. Ed. – São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. Ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

HAGURTTE, T. M. F. **Metodologias qualitativas na sociologia**. 4. Ed. – Petrópolis: Vozes, 1995.

INTERCEMENT. Disponível em: <[52d52P://www.intercement.com/pt/](http://52d52P://www.intercement.com/pt/)>. Acesso em: 30 agost., 2015.

JUNIOR, Armando Albertazzi G. Jr.; SOUSA, André R. de. **Fundamentos de Metrologia científica e industrial**. Editora Manole. ed 1. São Paulo. 2008.

LAKATOS, Maria; MARCONI, marina. **Técnicas de pesquisa**. 4. ed. – São Paulo : Atlas 1999.

LAKATOS, Maria; MARCONI, Marina. **Fundamentos de metodologia científica** . – 5. ed. – São Paulo : Atlas 2003

LAKATOS, Maria; MARCONI, Marina. **Fundamentos de metodologia científica** . – 7. ed. – São Paulo : Atlas 2010

MARI, L. Beyond. **The role of determination and assignment in measurement.**1997

MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MANZINI, E.J.**Entrevista semi- estruturada.** Marília: Unesp, 2004.

MARION, José Carlos. **Contabilidade Empresarial.** São Paulo: Atlas, 2010.

MARSHALL JUNIOR, Isnard *et al.* **Gestão da Qualidade.** 9.ed. Rio de Janeiro: FGV,2010.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing.** 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MELO, C.P; CARAMORI, E.J. **PDCA Método de melhorias para empresas de manufatura.** Belo Horizonte: Fundação de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

PIONEIRA. **A metodologia de análise e solução de problema.** 2. Ed. São Paulo: Pioneira, 1997.

RAMOS WUNDERLER, Alberto. **CEP para processos contínuos e em bateladas.** São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

SAMOHYL, R.W. **Controle Estatístico de Qualidade.** 1. Ed. São Paulo: Elsevier Campus, 2009.

SNIC. **Sindicado Nacional da Industria do Cimento.** Disponível em: < 53d53P://www.snic.org.br/>. Acesso em: 30 agost., 2015.

VIEIRA FILHO, Geraldo. **Gestaõ da qualidade total.** Campinas: Alínea, 2012.

WERKEMA, M. C .C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, Escola de engenharia da UFMG; 1995. 197p.