



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Curso de Especialização em Otimização de Sistemas

Monografia de Especialização

**ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL DOS LABORATÓRIOS DA ACIARIA DE
IPATINGA**

Autor: Beatriz Pereira Rocha
Orientador: Prof. Ana Paula Couto da Silva
Dezembro 2016

Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação
Especialização em Otimização de Sistemas

**ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL DOS LABORATÓRIOS DA
ACIARIA DE IPATINGA**

por

BEATRIZ PEREIRA ROCHA

Monografia de final de Curso

Prof. Ana Paula Couto da Silva

Belo Horizonte

2016

BEATRIZ P. ROCHA

**ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL DOS LABORATÓRIOS DA ACIARIA DE
IPATINGA**

Monografia apresentada no curso de especialização em Otimização de Sistemas do Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Minas Gerais.

Orientador: Prof. Ana Paula Couto da Silva

Belo Horizonte

2016

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do ICEx - UFMG

Rocha, Beatriz Pereira.

R672o Organização industrial dos laboratórios da Aciaria de Ipatinga / Beatriz Pereira Rocha. Belo Horizonte, 2017.

58 f.: il.; 29 cm.

Monografia (especialização) - Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Ciência da Computação.

Orientadora: Ana Paula Couto da Silva.

1. Computação - Teses. 2. Controle de produção.
3. Siderurgia. 4. Otimização combinatória. 5. Controle de custo. I. Orientadora. II. Título.

CDU 519.6*61(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

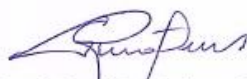
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
ESPECIALIZAÇÃO EM OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS: ÁREA DE CONCENTRAÇÃO
GESTÃO INDUSTRIAL


ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL DOS LABORATÓRIOS DA ACIARIA DE IPATINGA

Beatriz Pereira Rocha

Monografia apresentada aos Senhores:


Profa. Ana Paula Couto da Silva – Orientadora
Departamento de Ciência da Computação - UFMG


Prof. Geraldo Robson Mateus
Departamento de Ciência da Computação - UFMG


Prof. Cristiano Arbex Valle
Departamento de Ciência da Computação - UFMG

Belo Horizonte, 14 de dezembro de 2016

Dedico este trabalho a minha família,
Aos professores da UFMG principalmente a professora Ana pelo
ensinamento e conhecimento transmitido e por ter me dado suporte,
A Gerência de Laboratórios da Usina de Ipatinga.

SUMÁRIO

RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	iii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 MOTIVAÇÃO.....	6
2. OBJETIVO.....	7
2.1 PREMISSAS.....	7
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	8
3.1 DESSULFURAÇÃO DE GUSA.....	8
3.2 CONVERTEDOR.....	8
3.3 REFINO SECUNDÁRIO.....	10
3.3.1 FORNO PANELA.....	11
3.3.2 DESGASEIFICADOR A VÁCUO (RH).....	12
3.3.3 ESTAÇÃO DE AJUSTE QUÍMICO E DE TEMPERATURA (CASOB).....	13
4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	15
4.1 BOX PLOT.....	15
4.2 GRÁFICOS DE PARETO.....	16
5. METODOLOGIA.....	17
5.1 COLETA DE DADOS.....	17
6. ANÁLISE DOS DADOS.....	20
6.2 ANÁLISE DAS AMOSTRAS “AS”, “BS” E “CS”.....	22
6.3 ANÁLISE DA AMOSTRA “P1”.....	25
6.4 ANÁLISE DAS AMOSTRAS “F1 A FF”.....	28
6.5 ANÁLISE DAS AMOSTRAS “G1 A GF”.....	31
6.6 ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE “V0 A V3”.....	34
6.7 ANÁLISE DA AMOSTRA “VF”.....	37
7. CONCLUSÃO.....	40
8. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tela de composição química de uma corrida na aciaria 2.....	12
Figura 2. Média anual de horas paradas nos equipamentos esperando análise das amostras no laboratório.....	15
Figura 3. Média anual do número de amostras analisadas na aciaria.....	15
Figura 4. Evolução de corridas duplo refino na aciaria 2.....	16
Figura 5. Sequências de operação de um conversor a oxigênio.....	19
Figura 6. Equipamento Forno Panela.....	22
Figura 7. Visão esquemática do processo – RH.....	23
Figura 8. Visão Esquemática do processo de CAS – OB.....	24
Figura 9. Esquema do diagrama de Tukey.....	25
Figura 10. Exemplo de um Gráfico de Pareto típico.....	27
Figura 11. Boxplot das amostras de Gusa.....	31
Figura 12. Gráfico de pareto dos motivos de espera para análise das amostras de gusa.....	32
Figura 13. Boxplot das amostras de convertedor AS, BS e CS.....	34
Figura 14. Gráfico de pareto dos motivos de espera para análise das amostras de convertedor (AS, BS e CS).....	35
Figura 15 - Boxplot das amostras de panela de aço (P1).....	37
Figura 16 - Gráfico de pareto dos motivos de espera para análise das amostras de panela de aço (P1).....	38
Figura 17 - Boxplot das amostras de Forno Panela (F1 a FF).....	40
Figura 18 - Gráfico de pareto dos motivos de espera para análise das amostras de Forno Panela (F1 a FF).....	41
Figura 19 - Boxplot das amostras de CASOB (G1 a GF).....	43
Figura 20 - Gráfico de pareto dos motivos de espera para análise das amostras de CASOB (G1 a GF).....	44
Figura 21 - Boxplot das amostras de RH (V0 a V3).....	45
Figura 22 - Gráfico de pareto dos motivos de espera para análise das amostras de RH (V0 a V3).....	46
Figura 23 - Boxplot das amostras de RH (VF).....	48

Figura 24 - Gráfico de pareto dos motivos de espera para análise das amostras de RH (VF).....	49
Figura 25 - Gráfico de pareto dos motivos de espera para análise de todas as amostras da aciaria no período analisado.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos processos, amostras e significado de cada amostra.....	12
Tabela 2. Composição química do gusa recebido na aciaria.....	18
Tabela 3. Tipo de amostra x Equipamento utilizado x Etapas de preparação da amostra x Tempo Padrão.....	28
Tabela 4. Análise dos dados da amostra de Gusa.....	30
Tabela 5. Análise dos dados da amostra de Convertedor (AS, BS e CS).....	33
Tabela 6. Análise dos dados da amostra de Panela de aço (P1).....	36
Tabela 7. Análise dos dados da amostra de Forno Panela (F1 a FF).....	39
Tabela 8. Análise dos dados da amostra de CASOB (G1 a GF).....	42
Tabela 9. Análise dos dados da amostra do RH (V0 a V3).....	45
Tabela 10. Análise dos dados da amostra de RH (VF).....	47
Tabela 11. Tabela comparativa das médias das análises de todas as amostras da aciaria com seus respectivos padrões.....	51

RESUMO

O laboratório da Aciaria é responsável pelo recebimento, preparação, análise e disponibilização dos resultados das amostras no sistema, em todas as etapas de produção do aço. As amostras dos aços coletadas nos processos da Aciaria são enviadas às equipes dos laboratórios químicos para serem analisadas. Grande parte destas amostras tem influência direta na continuidade do processo, pois o resultado é utilizado para tomada de decisões durante a corrida.

Atualmente o número de análises realizadas na aciaria 2 encontra-se em uma média de 53.080 (Dados do sistema de banco de dados – B30 da Usiminas referente ao período de 2017), contra uma média histórica de 34.078 análises em 2010 (Período de definição dos padrões de tempo das análises das amostras), o que representa um acréscimo de 36%.

Dentre os principais fatores podemos citar o aumento de corridas duplo refino, sendo que cada corrida possui 165 t de aço líquido. Essas corridas tem por definição uma média de três vezes mais o número de amostras de uma corrida comum, pois ela utiliza os três processos de refino secundário (Desgaseificador a vácuo – RH, Forno Panela e Estação de ajuste químico e temperatura – CASOB).

No cenário de produção atual, quanto mais produção uma usina realizar em um tempo menor esta será mais competitiva e por consequência com um custo menor.

Devido a esse aumento no número de amostras e do aumento de paradas nos equipamentos devido ao atraso no resultado das análises, afetando os índices de falhas da equipe do laboratório, foi solicitado um estudo para verificar se o tempo padrão de análise das amostras esta adequado para o atual cenário de produção.

Palavras-chave: Funcionários, Laboratório, Tempos

ABSTRACT

The Laboratory of the Steelworks is responsible for receiving, preparing, analyzing and making available the results of the samples in the system, in all stages of steel production. Samples of the steel collected in the processes of the Steelworks are sent to the teams of the chemical laboratories for analysis. Most of these samples have direct influence on the continuity of the process, since the result is used for decision making during the race.

Currently, the number of analyzes carried out annually at steelworks 2 is at an average of 53,080 (Usiminas' database system data - B30 for the period of 2017), against a historical average of 34,078 analyzes in 2010 (Definition period of the sample analysis time standards), which represents an increase of 36%.

Among the main factors we can mention the increase of double refining races, with each race having 165 t of liquid steel. These races have by definition an average of three times the number of samples of a common race, since it uses the three secondary refining processes (Vacuum Degasser - RH, Pan Oven and Chemical and Temperature Adjustment Station - CASOB).

In the current production scenario, the more production a mill performs in a shorter time, the more competitive it will be and the lower the cost.

Due to this increase in sample numbers and increased equipment downtime due to the delay in the result of the analyzes, affecting the failure rates of the laboratory staff, a study was requested to verify if the standard time of analysis of the samples is adequate for the current production scenario.

Keywords: Employees, Laboratory, Times

1. INTRODUÇÃO

O aço possui uma composição química definida para cada tipo de aplicação, seja ela para rodas de automóveis ou para a fabricação de um carro, essa composição trará as propriedades mecânicas e físicas necessária para cada tipo de produto. Para que se chegue nessa composição química é necessário que sejam feitas várias amostras durante as etapas do processo de fabricação do aço, determinando assim o volume de material (Ferro ligas – fontes de Manganês, Silício dentre outros elementos químicos) que deverá ser adicionado para se chegar a composição química objetivada do aço.

Na Figura 1 há um exemplo da produção de uma corrida de 165t de aço na aciaria 2, com elementos químicos objetivados nas colunas e nas linhas a identificação das amostras (A1, BS, P1 e etc) coletadas com sua composição química real naquele momento. Nas linhas também podemos perceber a composição química máxima, mínima e visada final de cada elemento químico para essa produção dessa corrida. Quando falamos de resultado preciso, estamos falando em níveis de dispersão e variação dos elementos químicos presentes no aço menor, já que a faixa de especificação e aceitação dos clientes entre o valor mínimo e máximo esta cada vez mais estreita.

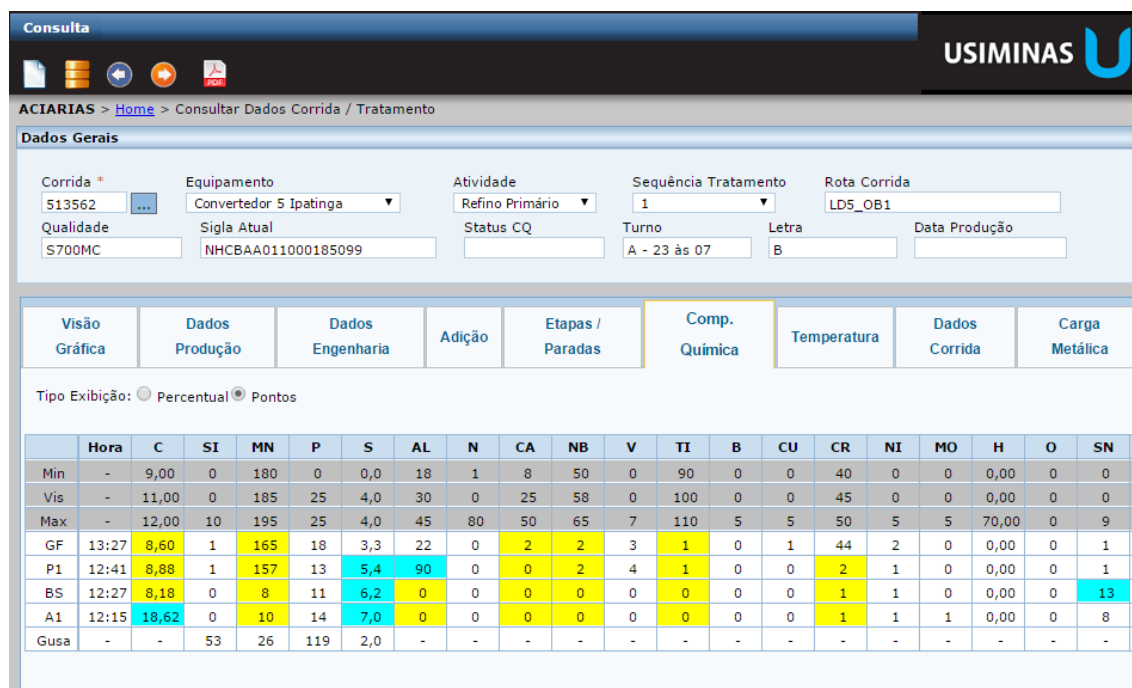


Figura 1. Tela de composição química de uma corrida na aciaria 2

Quando um cliente faz uma requisição de um produto, a empresa estipula o lead time necessário para que este chegue ao consumidor em tempo hábil. Durante o processo de fabricação do material pode ocorrer vários eventos que influenciam no tempo disponível dos equipamentos para a produção do material. Os exemplos que podemos citar desses eventos são: a quebra de um equipamento, o aumento no tempo de processo para fabricação, ou a recusa de um material pela composição química fora de faixa. Esta perda de tempo irá gerar um atraso no fornecimento do material ao cliente e um grande prejuízo financeiro, já que o gasto realizado para a execução deste material não será recuperado. O caminho mais lógico nestes casos é a execução criteriosa da análise química, realizando tantos ensaios quanto forem necessários para garantir a precisão dos resultados obtidos. Neste ponto entra em cena o outro desafio do laboratório de apoio à produção siderúrgica, o tempo de resposta das análises realizadas pelo laboratório e se essas estão sendo cumpridas devido ao aumento no número de análises.

Atualmente os laboratórios de uma usina metalúrgica enfrentam dois grandes problemas, a princípio incompatíveis. É necessário um resultado preciso

com tempo de resposta extremamente curto. Conciliar estas necessidades é o grande desafio do laboratório.

Quando se fala em reduzido tempo de resposta, está se falando em cerca de 3 minutos máximo, entre o recebimento da amostra, identificação, preparação, análise, avaliação dos resultados e envio aos setores interessados. Este tempo é chamado de “Etapa para vazamento no convertedor”. O tempo que um convertedor tem para produzir uma corrida do material desejado, cerca de 165t no caso da aciaria 2, é de 42 min em média. Dentro desse tempo cerca de 6 min são reservados para a etapa de retirada da amostra, análise e envio do resultado para o sistema, se a composição química esta dentro do visado, o operador vaza a corrida. Considerando então que o tempo efetivo de preparação da amostra leva em torno de 45 segundos (fresa automática) e a análise propriamente dita outros 45 segundos (espectrômetro a emissão óptica), tem-se apenas de 4,5 minutos para as outras atividades necessárias (Retirada da amostra, identificação da amostra, preparação da amostra, envio da amostra para o laboratório e etc).

Mas qual o motivo deste tempo reduzido? Em algumas etapas da produção do aço, no convertedor, por exemplo, a amostra do aço é retirada após o final do processo, para avaliação da efetividade dos cálculos e correções realizadas. Com isto, fica-se aguardando o resultado da análise química chegar para se dar andamento ao processo siderúrgico. Por esta razão, o aumento de 1 minuto no tempo de análise, representa 1 minuto a menos de disponibilidade do equipamento. Considerando-se um ciclo de produção de 1 hora, pode-se fazer um rápido cálculo da importância da rápida resposta:

- Corridas de produção de aço por dia: 24

- Tempo por corrida: 1 hora

Reduzindo-se 1 minuto no tempo de análise, poderemos ganhar cerca de 24 minutos de produção por dia, o que significa a possibilidade de se produzir uma nova corrida de aço a cada 2,5 dias, ou seja, 12 corridas por mês, ou ainda 144 corridas por ano que significam cerca de 21.600 toneladas (considerando um

convertedor de médio tamanho: 165 toneladas) de aço produzidos a mais sem maiores investimentos no processo produtivo.

No processo de fabricação do aço o fornecimento de resultados incorretos em qualquer uma das etapas produtivas pode gerar correções inadequadas no processo produtivo, vindo a causar, em casos extremos, a “perda” da produção, ou seja, a recusa da corrida. Para isso uma análise criteriosa dos elementos químicos em cada etapa do processo deve ser feita.

A aciaria 2 possui 5 processos definidos para que se chegue na da composição química objetivada da corrida (Tabela 1). São eles:

Processo	Amostra	Identificação
Dessulfuração	Gusa	Amostra retirada antes do carregamento no convertedor, com a finalidade de obter dados para o sopro.
Convertedor	AS	Amostra retirada durante o sopro no convertedor, com a finalidade de checar a composição química nesta etapa intermediária de sopro.
	BS	Amostra retirada ao final do sopro no convertedor, com a finalidade de checar a composição química nesta etapa final de sopro.
	CS	Caso haja ressopro, a amostra é novamente retirada para checagem de composição da corrida ao final do processo.
	P1	Amostra retirada na panela após o vazamento do convertedor, servindo como base para o processo seguinte (Refino secundário – CAS-OB, Forno Panela e RH).
CASOB	G1 a GF	Amostras de CAS-OB retiradas durante processo, com o objetivo de checar e/ou ajustar a composição química do aço.
Forno Panela	F1 a FF	Amostras de Forno Panela retiradas durante processo, com o objetivo de checar e/ou ajustar a composição química do aço.
RH	V0, V1, V3	Amostras de RH retiradas nos seguintes casos:
		- V0: esta amostra é retirada quando não há coleta de amostra P1 ou quando existem dúvidas na composição química desta amostra;
		- V1, V3: amostras retiradas durante processo, com o objetivo de checar e/ou ajustar a composição química do aço.
	V2	Amostra retirada após a etapa de descarbonização do aço (retirada de carbono) para posterior adição de ligas e ajuste de composição química.
	VF	Amostra de RH retiradas no final do processo com a finalidade de checar a composição química do aço.

Tabela 1: Classificação dos processos, amostras e significado de cada amostra.

Cada processo tem amostras definidas e o objetivos difinidos para aquele processo e o processo posterior.

Atualmente o que percebemos na aciaria 2 é que o número de paradas por “Espera de análise de laboratório” (Figura 2) e o número de amostras analisadas aumentaram (Figura 3).

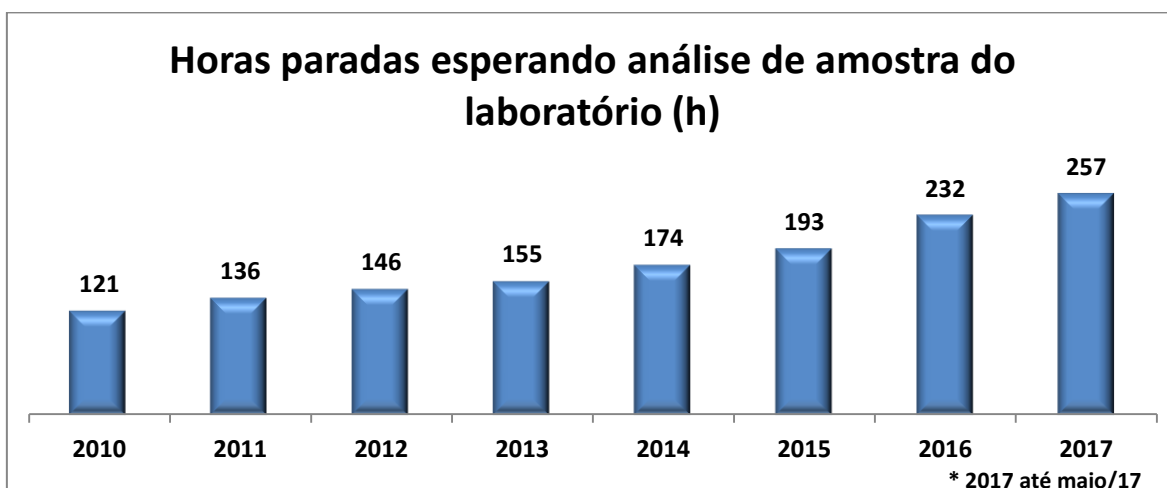


Figura 2. Média anual de horas paradas nos equipamentos esperando análise das amostras no laboratório.

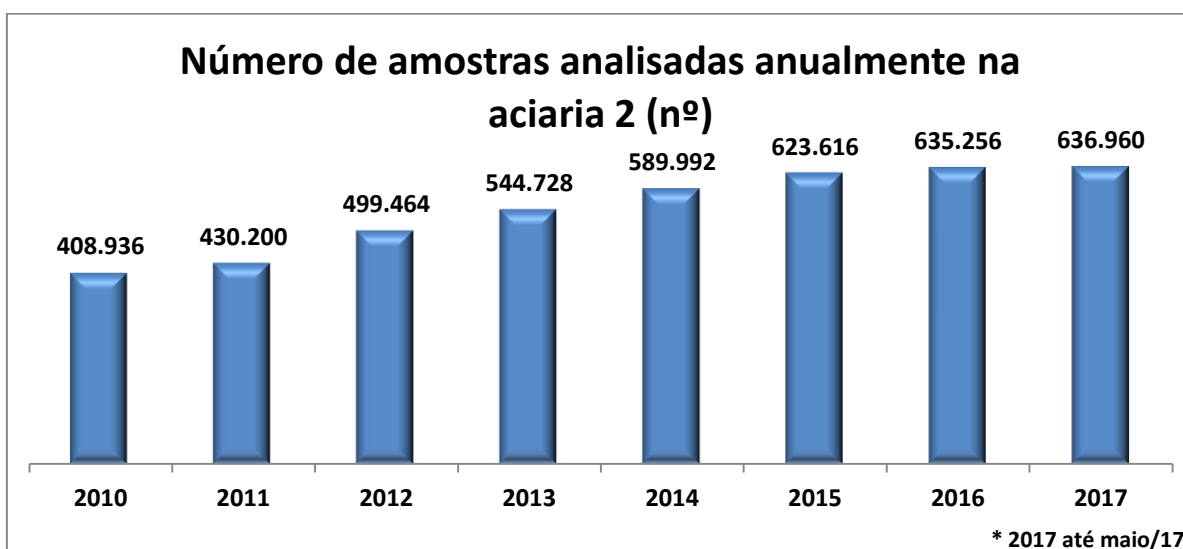


Figura 3. Média anual do número de amostras analisadas na aciaria 2.

Várias frentes de trabalho e justificativas foram levantadas dentre elas, a principal, o aumento de corridas duplo refino que demanda um elevado número

de amostras e por se tratar de um processo que exige faixas muito estreitas dos elementos químicos, ou seja, maior assertividade (Figura 4).

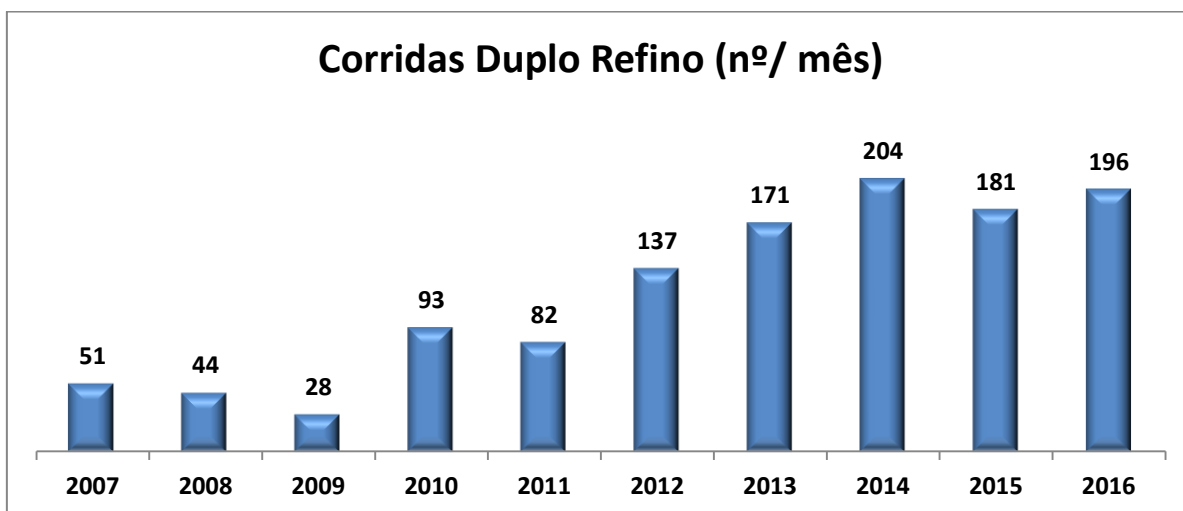


Figura 4. Evolução de corridas duplo refino na aciaria 2

O laboratório químico da aciaria é responsável pela análise dos elementos químicos presente no aço. Ele é responsável por identificar, analisar e fornecer as análises químicas no sistema.

1.1 MOTIVAÇÃO

Diante desse cenário, foi estudado se o tempo padrão determinado para que o laboratório da aciaria entregue a análise das amostras esta de acordo com o cenário atual, já que esses padrões foram definidos em 2010 onde as condições de processo eram mais favoráveis (amplas faixas de assertividade dos elementos químicos, menor grau de exigência de qualidade, menor número de corridas duplo refino e etc), exigindo um tempo menor de resposta das análises das amostras.

2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho é analisar se os tempos padrões definidos para recebimento, análise e envio do resultado das amostras no sistema SISLAB (Sistema de Informação do Laboratório da Aciaria) esta sendo atendido atualmente e tentar propor soluções diante das observações in loco que forem sendo feitas.

2.1 PREMISSAS

- ✓ Os tempos de preparação e análise das amostras foram medidos seguindo o fluxo de processo no laboratório;
- ✓ Plano de produção da Aciaria 2 tem que ser com carteira cheia, para certificar que a Aciaria estará em alta produção, com 2 convertedores e 3 refinós secundários em operação.
- ✓ Modelo de acompanhamento, registrando: horário de chegada da amostra; tempos de esperas e respectivos motivos; horário de emissão da resposta das análises.
- ✓ Foram usados 4 pessoas da nossa equipe de analistas para o acompanhamento das atividades diariamente no turno de 07h as 15h.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 DESSULFURAÇÃO DE GUSA

O material produzido no alto forno gera o ferro gusa, utilizado como matéria-prima para a fabricação do aço no forno conversor LD e apresenta a seguinte composição química aproximada (Tabela 2):

Elemento	C	Si	Mn	S	P	Fe
%	4,5	1,2	0,8	0,04	0,04	Restante

Tabela 2. Composição química do gusa recebido na aciaria

Essa composição química é essencial para a definição da composição química do aço, é sobre ela que tomamos base nas próximas ações/processos serem realizadas.

Assim que o gusa chega a aciaria é feito um pré-tratamento do gusa. O enxofre é um elemento prejudicial ao aço e deve estar presente em teor muito baixo pois, pode proporcionar trinca e deformação prejudicial a alguns tipos de produtos. Realizado o processo de dessulfuração do gusa ou seja a retirada do enxofre, se dá a primeira amostra “Gusa”. Ela será base para os cálculos de sopro na etapa posterior que será a do Refino Primário (Convertedor).

3.2 CONVERTEDOR

O convertedor é o próximo passo do refino do aço. Posteriormente esse gusa com a composição definida é carregado no convertedor (etapa c da figura 5).

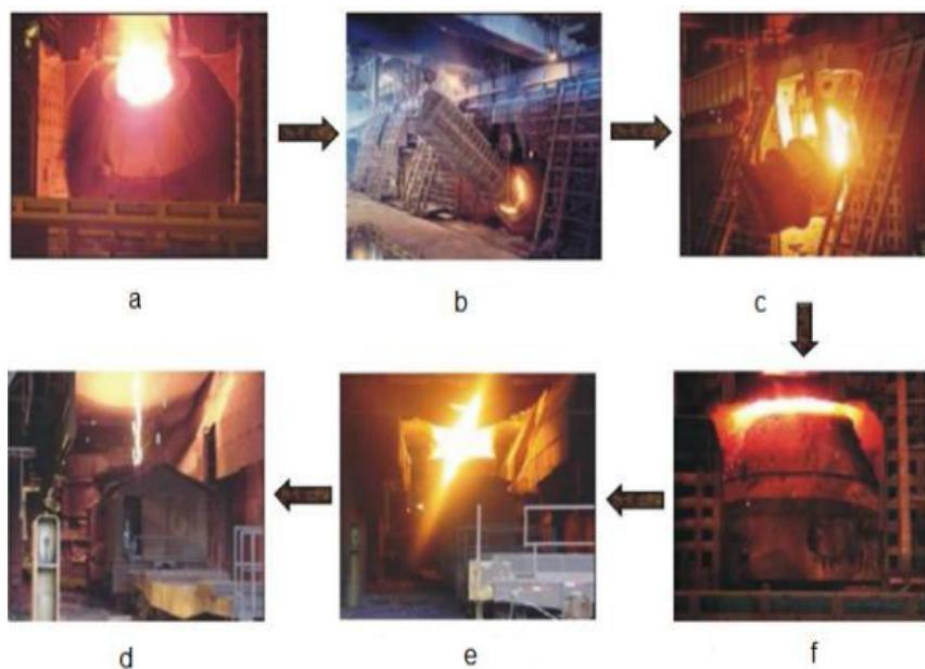


Figura 5. Sequências de operação de um conversor a oxigênio, a: conversor inclinado para o carregamento, b: carregamento da sucata; c: carregamento do ferro-gusa, d: retirada da escória, e: vazamento do aço, f: sopro de oxigênio (FERNANDES, 2010).

Segundo Fernandes (2010), o processo LD para produção de aço tem início com a basculamento do conversor e carregamento com sucata sólida, posteriormente leva-se à posição vertical para a entrada da carga. Em sequência, é inclinado novamente para a entrada do ferro gusa líquido. Após o carregamento, o conversor volta para a posição vertical e a lança é introduzida até a altura requerida, injetando-se o oxigênio a alta velocidade. Durante o processo do sopro a 80% no final dele é retirado uma amostra “AS” que servira como base até o final do sopro para os ajustes necessários no cálculo de sopro. Quando a fusão termina, faz-se o carregamento com a cal, por meio de um silo. Em seguida ao sopro de oxigênio, que possui uma duração média de 20 minutos, o conversor é basculado para a posição horizontal, com o propósito de se realizar a coleta de amostras para análise. Essa amostra final do sopro é a “BS”. Ela é bastante importante pois ela dirá se o carbono e o fosforo objetivados no modelo do cálculo de sopro esta de acordo, se não estiver, ocorre um ressopro e no final uma nova amostra é gerada a “CS”. Com a composição química final de sopro de acordo, o aço é vazado em uma panela, por meio do furo de corrida, nesta etapa é gerada

a amostra “P1”. Ela é base para os próximos processos pois, no final de sopro durante o vazamento são adicionados os materiais ferro ligas que irão incorporar no aço e obter uma composição química prévia de cada elemento para dar continuidade nos processos de refinamentos secundários.

3.3 REFINO SECUNDÁRIO

O refino secundário da aciaria 2 de Ipatinga é composto por dois RH (Desgaseificador a vácuo), um Forno Panela e dois CASOB (Estação de ajuste químico e de temperatura). Neles são feitos o refino superficial e final do aço para que seja entregue para o Lingotamento contínuo. A maior parte das adições de materiais (Ferro Ligas) são adicionados no convertedor, o refino secundário é apenas um ajuste fino.

O refino secundário é definido como o trabalho metalúrgico de refino ou ajuste da composição química e da temperatura, realizado fora do forno primário de fusão. (MACHADO, 2007).

Segundo Rizzo, os principais objetivos da etapa de refino secundário são:

- ✓ A redução do tempo de elaboração do aço, visando um aumento de produção, de produtividade e redução de custos da aciaria.
- ✓ Uma maior flexibilidade operacional ou de controle do sincronismo do forno de fusão até o lingotamento do aço.
- ✓ O controle de temperatura do aço líquido, geralmente através do aquecimento.
- ✓ O ajuste de composição química do aço.
- ✓ Aumento do grau de limpidez do aço.
- ✓ O controle da microestrutura e/ou macroestrutura das peças solidificadas.

3.3.1 FORNO PANELA

No Forno Panela (Figura 6), ocorre o ajuste da composição química e dado um sobreaquecimento para compensar as perdas térmicas (ambiente), o oxigênio controla a química do processo, estando ele tanto na forma de óxidos quanto livre. É preciso ajustá-lo e, para isso, são usadas escórias. As escórias no Forno Panela absorvem os óxidos, controlam o ataque aos refratários, reduzem as perdas térmicas e fazem parte de todo processo onde exista aço líquido. O Forno Panela tem a função de aumentar a acertar a composição química específica para cada tipo de aço, e a temperatura de vazamento, conferir homogeneidade química à corrida (banho) e conferir a homogeneidade térmica do aço e acertar a composição química específica para cada tipo de aço por meio do acerto do teor de carbono com o coque e acerto dos outros elementos (Mn/Si) com ferro-liga (FeSiMn/FeSi) e conferir homogeneidade química à corrida (banho) e conferir homogeneidade térmica ao aço. (RIZZO, 2006)

Para garantir a homogeneidade do banho durante toda a corrida, o aço é “borbulhado” com argônio ou nitrogênio (gases inertes) através de plug poroso no fundo da panela, para garantir uniformidade térmica e química do banho e auxiliar a flotação de inclusões e escória. A este procedimento dá-se o nome de rinsagem. Durante esse processo de ajuste químico e de temperatura, várias amostras são realizadas na panela de aço desde a primeira “F1” até a “FF”, amostra esta que servirá de base para o próximo refino secundário ou para o lingotamento continua dependendo do aço que esta sendo fabricado.



Figura 6. Equipamento Forno Panela (Fonte: As Minas Gerais)

3.3.2 DESGASEIFICADOR A VÁCUO (RH)

O processo de recirculação do degaseificador RH está representado esquematicamente na figura 7. Neste processo o aço líquido, contido em uma panela, é sugado através de um “snorkel” ou perna de subida e passa por um vaso parcialmente evacuado. A exposição contínua do metal à câmara de vácuo é alcançada pela injeção de argônio gasoso no interior da perna de subida para induzir a circulação do metal. A circulação padrão se completará quando o metal exposto ao vácuo passar pelo segundo “snorkel” ou perna de descida de volta à panela (Figura 7). Durante o processo, o carbono no aço combina-se com o oxigênio dissolvido para formar monóxido de carbono, sendo a reação acelerada sob condições de vácuo. A taxa de descarburização aumenta quando a pressão é reduzida e quando a área de reação e taxa de circulação são aumentados. Além da descarburização e desoxidação, ocorre também a degaseificação (redução dos teores de N e H) do aço líquido. Considerando o degaseificador RH como um reator de mistura perfeita, se espera que ocorra uma homogeneização tanto térmica quanto química, e a flotação de inclusões não-metálicas devido à recirculação do aço líquido. Durante o processo do RH são retiradas amostras desde a V0 até a VF, todas elas durante o tratamento do aço para reduzir os teores de carbono e dos gases nitrogênio e oxigênio, objetivados no tipo de aço

que esta sendo produzido. A amostra VF servirá de base para o próximo processo ou para o lingotamento contínuo.

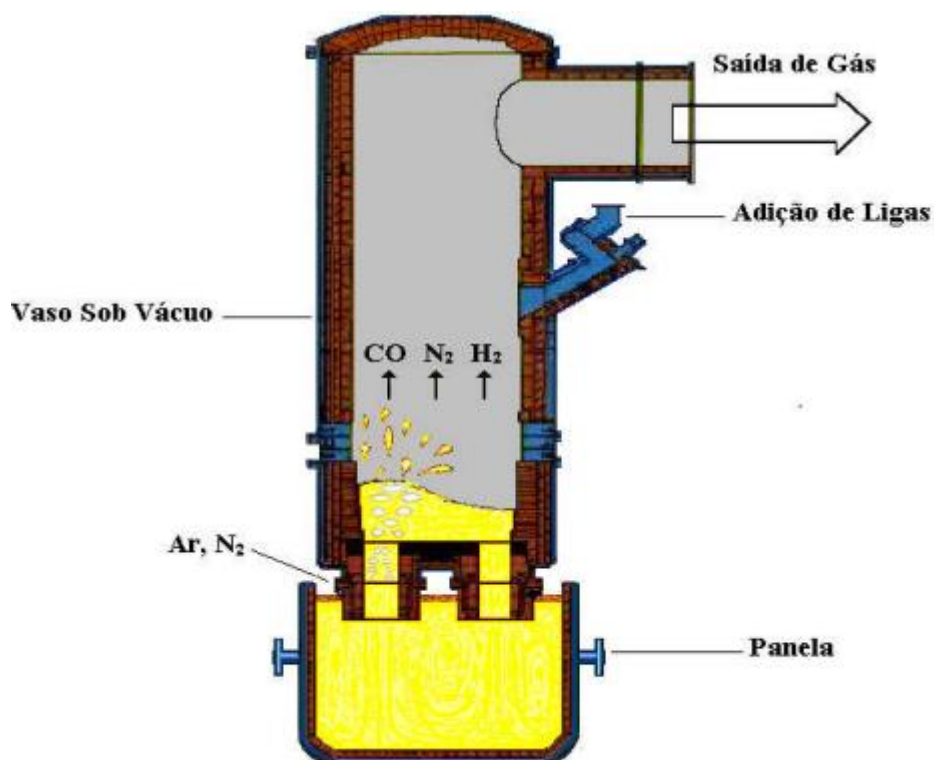


Figura 7. Visão esquemática do processo – RH (Almeida et al, 2005).

3.3.3 ESTAÇÃO DE AJUSTE QUÍMICO E DE TEMPERATURA (CASOB)

Rizzo cita que o processo CAS-OB objetivava apenas a economia de ligas em seu início, em especial o alumínio, já que a adição é feita diretamente na superfície do aço, em área isenta de escória, para evitar a perda de rendimento metálico. Porém, logo foi adaptado para permitir o aquecimento, pela instalação de lança para sopro de oxigênio. A Figura 8 mostra uma esquematização do processo CAS-OB.

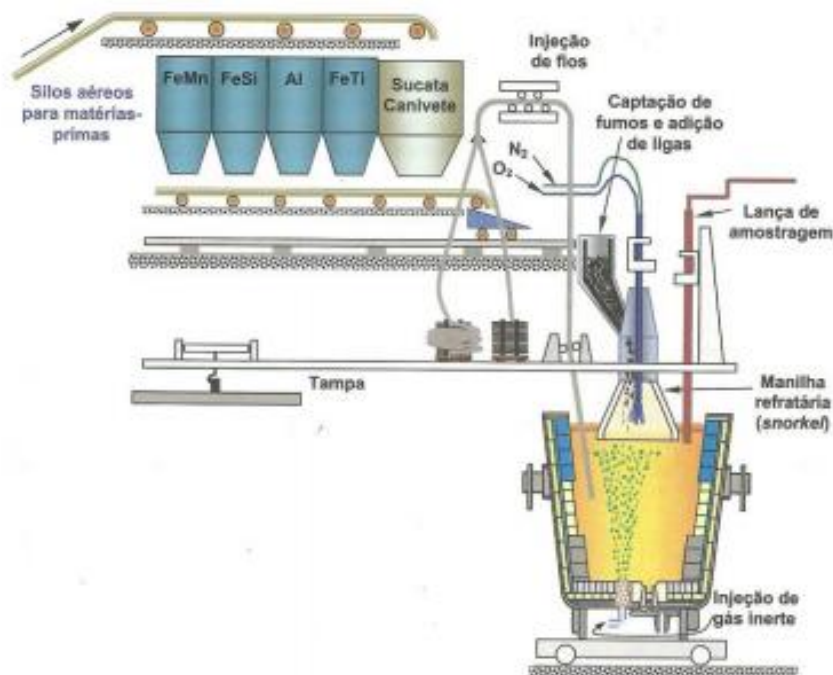


Figura 8. Visão Esquemática do processo de CAS – OB (Fonte: Rizzo. E.M.S. (2006)

A barragem da escória é conseguida pela imersão de um sino refratário sobre o “olho de aço”, aberto pelo borbulhamento de gás, com alta vazão, através de plugue, instalado no fundo da panela, permitindo uma eficiente selagem da superfície do aço líquido. Para adição de ligas, existe um sistema composto de silos de armazenagem e de acumulação, instalados sobre o sistema e com tubo guia direcionado para dentro do sino, que serve para adição de ligas e extração de fumos. A lança de oxigênio é montada em carro que se movimenta na vertical e permite o giro na horizontal para posição de espera ou de operação. Esta lança é composta por dois tubos concêntricos, com sopro de oxigênio pelo interno e argônio pelo externo. A taxa de aquecimento normalmente apresenta uma boa eficiência. Rizzo ainda explica que a dessulfuração pode ser realizada através da agitação da escória de topo, com adição de escória sintética no vazamento e injeção de argônio por lança específica com alta vazão ou através da injeção de pó por lança simultâneo com a adição de escória sintética também durante o vazamento do aço. . Durante esse processo de ajuste químico e de temperatura, várias amostras são realizadas na panela de aço desde a primeira “G1” até a

“GF”, amostra esta que servirá de base para o próximo refino secundário ou para o lingotamento continua, dependendo do aço que esta sendo fabricado.

4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O principal objetivo do trabalho é determinar se o tempo padrão de análise para cada tipo de amostra esta adequado. Para isso iremos utilizar ferramentas estatísticas que auxiliam na tomada de decisão.

4.1 BOX PLOT

Conceitualmente o Box Plot ou Diagrama de Caixas, segundo Montgomery (2004), trata-se de um gráfico que aponta vários aspectos importantes dos dados simultaneamente, tais como tendência central ou posição, dispersão ou variabilidade, afastamento da simetria e identificação de observações muito afastadas da maior parte dos dados (essas observações são muitas vezes chamadas valores discrepantes ou outliers).

As características de uma distribuição são em geral descritas informando os valores da média e do desvio padrão e, algumas vezes do coeficiente de assimetria. Porém a média e o desvio padrão são fortemente influenciados pela presença de valores discrepantes. Para contornar esta dificuldade, Tukey (1977) propôs descrever as características de uma distribuição através das estatísticas de ordem que são a mediana, os quartis ou juntas e os extremos, apresentados no esquema a seguir (Figura 9).

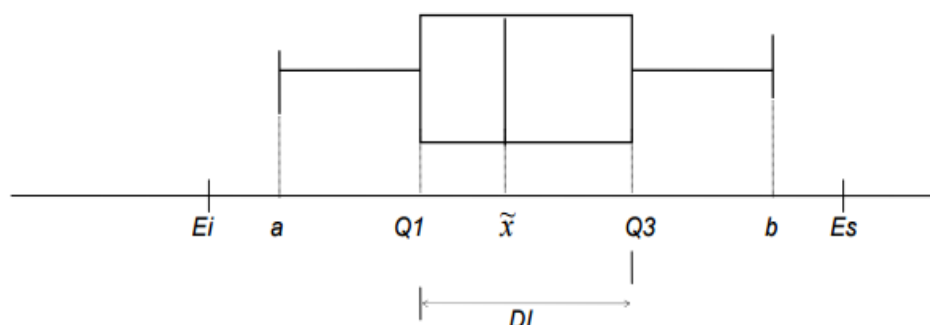


Figura 9 – Esquema do diagrama de Tukey

Fonte: Adaptado BUSSAB e MORETIN (2002).

As características da distribuição da população podem ser analisadas a partir do diagrama de Tukey (box plot), devido a sua configuração.

A diferença $DI = Q3 - Q1$ é denominada desvio interquartilico e pode ser empregada como medida de dispersão.

Este diagrama indica as seguintes características:

- Tendência central: é dada pela posição da mediana na escala de medida da variável;

- Dispersão: medida pelo valor de DI ;

- Assimetria: indicada a partir da comparação das diferenças $\tilde{x} - Q1$ e $Q3 - \tilde{x}$.

Todos os valores observados inferiores a $Q1 - \frac{3}{2}DI$ e superiores a $Q3 + \frac{3}{2}DI$ são discrepantes (outliers). Os valores a e b são o menor valor observado não discrepante e o maior valor observado não discrepante, respectivamente.

4.2 GRÁFICOS DE PARETO

De acordo com Junior et al. (2006) o gráfico de Pareto é um gráfico de barras, construído a partir de um processo de coleta de dados, e pode ser utilizado quando se deseja priorizar problemas ou causas relativas a um determinado assunto.

Slack, Chambers e Johnston (2002) afirmam que o gráfico de Pareto trata-se de uma técnica relativamente direta, que envolve classificar os itens de informação nos tipos de problemas ou causas de problemas por ordem de importância.

Para Corrêa e Corrêa (2006), o objetivo do gráfico de Pareto é classificar em ordem decrescente os problemas que produzem os maiores efeitos e atacar esses problemas inicialmente.

Montgomery (2004) ressalta ainda que o gráfico de Pareto seja simplesmente uma distribuição de freqüência (ou histograma) de dados atributos, organizados por categoria. Portanto, tem a função de identificar de forma rápida e visualmente os tipos de defeitos que ocorrem com mais freqüência.

Corrêa e Corrêa (2006) declaram que estudos feitos pelo economista italiano Vilfredo Pareto no século XVI, constatou-se uma proporção (80/20), por exemplo, cerca de 80% das falhas ocorrem devido a 20% das causas prováveis dessas falhas. E tal proporção ocorre freqüentemente na análise de várias situações cotidianas (Figura 10).

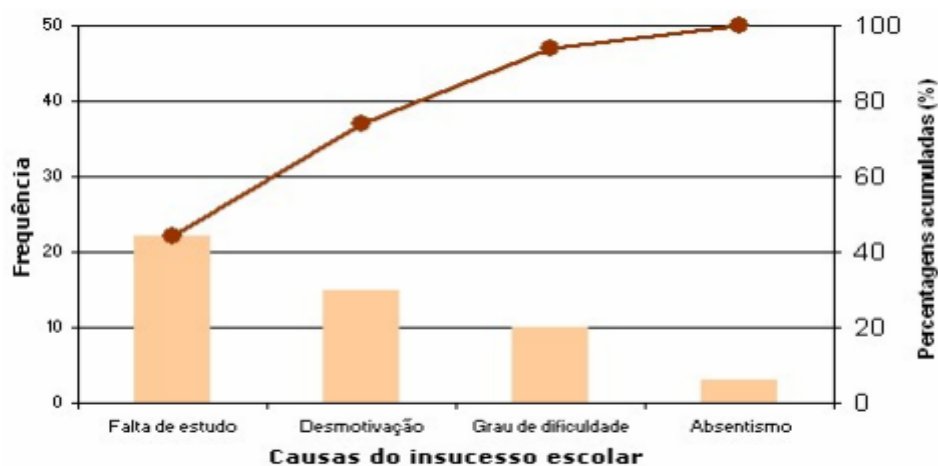


Figura 10 – Exemplo de um Gráfico de Pareto típico

Fonte: www.vipnet.pt/saibamais_files/pareto.jpg

5. METODOLOGIA

Diante de uma breve introdução sobre os processos e amostras retiradas desde a dessulfuração de gusa até o lingotamento do aço e as análises estáticas que serão utilizadas para a tomada de decisão, damos início a metodologia utilizada.

5.1 COLETA DE DADOS

No dia 03 de Fevereiro de 2017, fomos no laboratório para levantar os equipamentos utilizados para análise das amostras, as etapas desde o recebimento das amostras até o envio dessas no sistema SISLAB (Sistema de Informação do Laboratório da Aciaria) e os tempos padrões utilizados atualmente.

Sendo assim identificamos que os equipamentos de análises utilizados atualmente são:

- ✓ 2 Lecos - Equipamento que medem Carbono, Nitrogênio, Oxigênio, Enxofre e Fosforo.

- ✓ 2 Espectrômetros – Equipamento que mede todos os elementos químicos presentes no aço, como exemplo, Cromo, Vanádio, Carbono, Titânio e etc.
- ✓ 2 Raio X, que define a composição do Gusa e da Escória;

A Tabela 3 abaixo faz um mapeamento do tipo de amostra com quais etapas de preparação da amostra elas necessitam e quais equipamentos podem ser utilizados para analisa-las. Ela é importante para percebermos quais amostras levam mais tempo para serem preparadas e analisadas, quais podem ser analisadas somente em um equipamento ou em todos e qual equipamento tem uma taxa de ocupação mais alta. A tabela também nos mostra as amostras e suas respectivas atividades com o tempo exigido pela aciaria para entrega dos resultados finais, que ocorre no envio do resultado da análise da amostra para o SISLAB (Sistema de Informação do Laboratório da Aciaria). SISLAB é o programa que mostra o resultado das análises químicas para os operadores tanto de refino primário e secundário, como também dos lingotamentos para a tomada de decisão no tratamento da corrida.

TIPO DE AMOSTRA	TEMPO PADRÃO (min)	PREPARAÇÃO DA AMOSTRA								ANÁLISE DA AMOSTRA				
		RECEBIMENTO FÍSICO	RECEBIMENTO NO SISTEMA	FRESADORA/TORNO	RESFRIAMENTO	TESOURA	LIXADEIRA	LAVAR E SECAR	FURADEIRA	ESPECTOMETRO	LECO	HYDRYS	RAIO X	SISLAB RESULTADO
GUSA	7	X	X				X	X		X			X	X
AS	2	X	X		X	X	X	X		X				X
BS	2	X	X		X	X	X	X		X				X
CS	2	X	X		X	X	X	X		X				X
P1	5	X	X	X		X	X	X	X	X				X
G1 a GF	2	X	X	X		X	X	X	X	X	X			X
F1 a FF	2	X	X	X		X	X	X	X	X	X			X
V0 a V3	2	X	X	X		X	X	X	X	X	X			X
VF	5	X	X	X		X	X	X	X	X	X			X

Tabela 3. Tipo de amostra x Equipamento utilizado x Etapas de preparação da amostra x Tempo Padrão

Sendo assim durante os dias 06 e 07 de fevereiro de 2017, fomos in loco, no laboratório da Aciaria 2 e fizemos a coleta de dados das amostras que foram recebidas naquele dia e com auxílio de um cronômetro, medimos os tempos gastos em cada etapa descrita acima na tabela 3 para cada amostra. Compilamos esses dados em uma planilha em Excel para facilitar os cálculos estatísticos.

Na massa de dados existiam os chamados *outliers* que podem afetar o resultado das análises estatísticas. Mas como nossos valores são reais, acompanhados e cronometrados de cada amostra em cada etapa, eles não foram retirados e sim analisados posteriormente no gráfico de pareto, propondo soluções para que esses tempos fora da curva fossem reduzidos.

Apesar do número limitado de amostras, já que o acompanhamento foi de apenas dois dias em um turno (07h às 15h), este estudo é de importância estratégica para a empresa, pois fornece indícios de que talvez os tempos padrões não estejam mais adequados com o cenário atual, causando um aumento no número de paradas por “Espera de análise do laboratório” e afetando os índices de falhas da Gerência de Laboratórios.

Este trabalho então traz a oportunidade de revisão dos tempos padrões estabelecidos em 2010 para análise de cada amostra e visando o conhecimento das etapas de análise de uma amostra a fim de obter ganhos futuros com uma possível otimização de cada etapa.

Para elaborar os gráficos que irão nos dar suporte a tomada de decisão foi utilizado o MINITAB 16, devido ao fato de ser o *software* estatístico adotado pela empresa. A facilidade de uso e a quantidade de ferramentas disponíveis tornou o MINITAB um dos *softwares* estatísticos mais utilizados no mundo. Sua capacidade vai desde o cálculo de estatísticas básicas como média, amplitude, desvio padrão, até os mais complexos estudos de dados não paramétricos.

6. ANÁLISE DOS DADOS

Este capítulo descreve as diferentes fases da análise dos dados realizadas neste trabalho. A partir dos dados obtidos foram aplicados conceitos de análise quantitativa discutidos durante o curso de especialização, como por exemplo, a média, mediana, desvio padrão e a análise dos quartis (Box Plot), Paretos e Gráficos de controle (Apêndice).

6.1 ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE “GUSA”

Diante dos dados das amostras de gusa percebemos então pela Tabela 4 que o *tempo padrão para análise dessa amostra esta de acordo*, sendo que o tempo real foi de 219s e o tempo padrão para análise é de 420s, atendendo com folga o valor padronizado.

O desvio padrão é alto sendo de 88,76s. O tempo de espera é em média de 18,36s mostrando que podemos atuar nessa etapa para que o tempo real de análise da amostra diminua ainda mais.

Na amostra N=14 o valor ultrapassou o tempo padrão sendo de 520s. Nessa amostra houve um tempo de espera de 274s devido a uma falha de calibração no equipamento de Raio x.

N = 36	Durações nos processos (s)							Total (s)
	Transportador	Lixadeira	Espectrômetro	Esperas	Raio X	Esperas	Sislab	
MÉDIA	31,55	2,85	37,26	28,19	92,62	18,36	9,04	218,75
MEDIANA	16,31	0,00	34,18	0,00	90,80	0,00	0,00	183,81
MÍNIMO	0,00	0,00	18,56	0,00	69,56	0,00	0,00	122,10
MÁXIMO	160,03	12,31	70,84	270,67	113,00	274,28	45,79	503,40
AMPLITUDE	160,03	12,31	52,28	270,67	43,44	274,28	45,79	381,30
DESV.P	41,33	4,81	12,05	54,40	10,05	57,42	15,10	88,76
							Tempo Exigido (s)	420,00

Tabela 4 – Análise dos dados da amostra de Gusa

Na Figura 11, a linha central da distribuição corresponde à mediana, que divide a quantidade de dados das amostras igualmente em dois grupos. A mediana dos

dados de amostra de gusa equivale a 184s. A dispersão é representada pela altura do retângulo ($Q3 - Q1$) = 109s.

O retângulo contém 50% dos valores do conjunto de dados. A posição da linha mediana no retângulo informa sobre a assimetria da distribuição. Uma distribuição simétrica teria a mediana no centro do retângulo. Se a mediana é próxima de $Q1$, então, os dados são positivamente assimétricos. Se a mediana é próxima de $Q3$ os dados são negativamente assimétricos. Observa-se que no gráfico apresentado na Figura 11 a distribuição dos dados é positivamente assimétrica.

Houve apenas um *outlier* $N= 13$, representado no gráfico com valor de 520s.

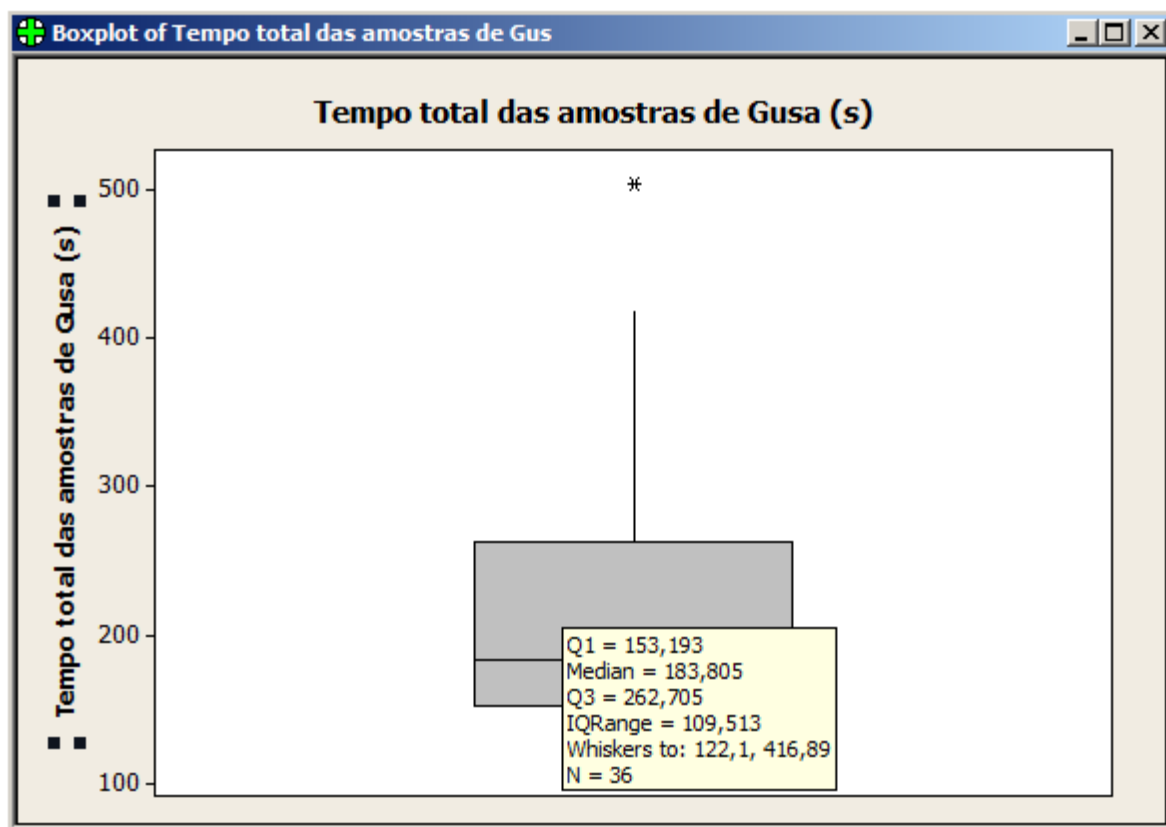


Figura 11 – Bloxplot das amostras de Gusa.

Durante o acompanhamento houve alguns acontecimentos que propiciaram para que alguns valores de medição ficassem acima da média. Esses

acontecimentos foram relatados na Figura 12, e eles são de extrema importância para atuar na redução dos tempos de espera durante a análise das amostras.

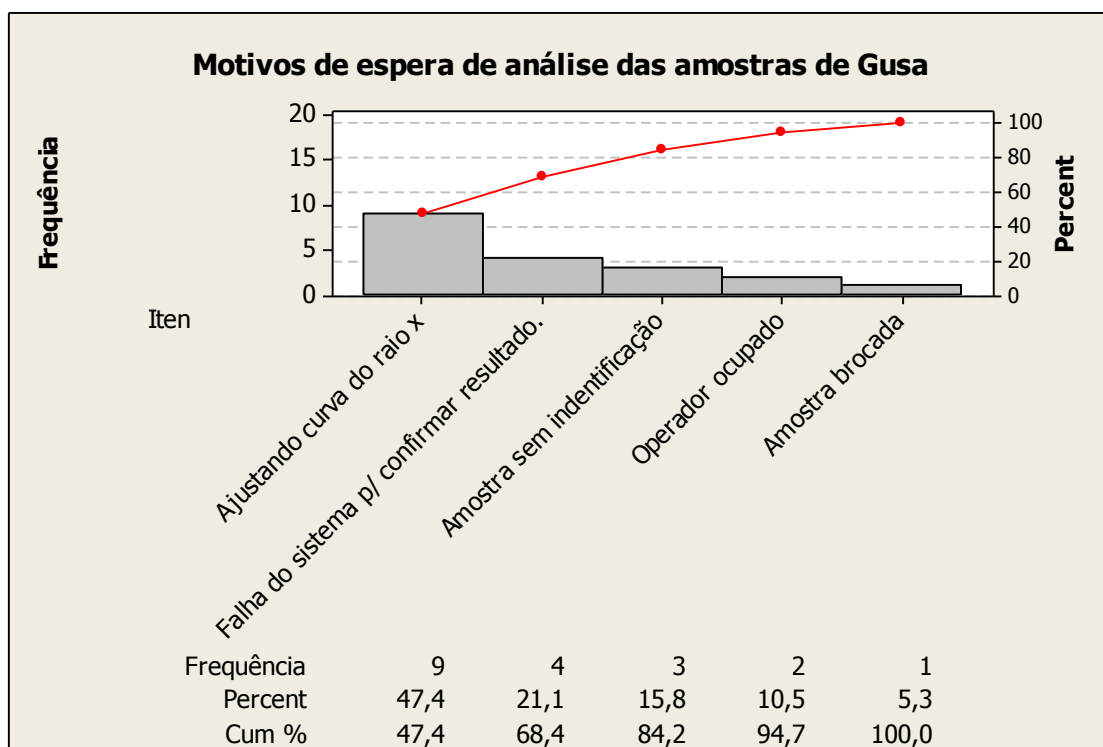


Figura 12 – Gráfico de Pareto dos motivos de espera para análise das amostras de gusa.

6.2 ANÁLISE DAS AMOSTRAS “AS”, ‘BS” E ‘CS”

Diante dos dados das amostras de conversor (AS, BS e CS) percebemos na Tabela 5 que o *tempo padrão para análise dessas amostras não está de acordo*, sendo que o tempo real foi de 196s e o tempo padrão para análise é de 120s.

O desvio padrão é de 32,64s e tempo médio de espera é de 5,57s, relativamente baixos. Mesmo reduzindo o tempo médio de espera, ou seja, o tempo onde a amostra está parada sem nenhuma ação sobre ela, não seria possível atender esse tempo padrão, sendo necessária uma revisão.

Todas as amostras ultrapassaram o tempo padrão de 120s, sendo o valor mínimo de 128s.

N = 75	Durações nos processos (s)							Total (s)
	Transportador	Resfriam.	Tesoura	Lixadeira	Espera	Espectrômetro	Syslab	
MÉDIA	15,25	54,19	26,63	13,27	5,57	68,59	12,94	196,08
MEDIANA	0,00	56,67	25,54	12,48	0,00	64,12	9,57	190,11
MÍNIMO	0,00	0,00	12,15	5,52	0,00	47,99	0,00	128,70
MÁXIMO	128,90	81,83	51,97	28,77	51,17	121,32	97,87	291,86
AMPLITUDE	128,90	81,83	39,82	23,25	51,17	73,33	97,87	163,16
DESV.P	22,80	13,96	7,53	4,47	14,50	14,31	9,35	32,64
							Tempo Exigido (s)	120,00

Tabela 5 - Análise dos dados da amostra de Convertedor (AS, BS e CS)

Na Figura 13, o gráfico de boxplot nos mostra que a linha central da distribuição corresponde à mediana, que divide a quantidade de dados das amostras igualmente em dois grupos. A mediana dos dados de amostra de gusa equivale a 190. A dispersão é representada pela altura do retângulo ($Q3 - Q1$) = 43.

O retângulo contém 50% dos valores do conjunto de dados. A posição da linha mediana no retângulo informa sobre a assimetria da distribuição. Uma distribuição simétrica tem a mediana no centro do retângulo. A assimetria de determinada base de dados possibilita analisar uma distribuição de acordo com as relações entre suas medidas de moda, média e mediana.

Houve apenas um *outlier* representado no gráfico com valor de 292s.

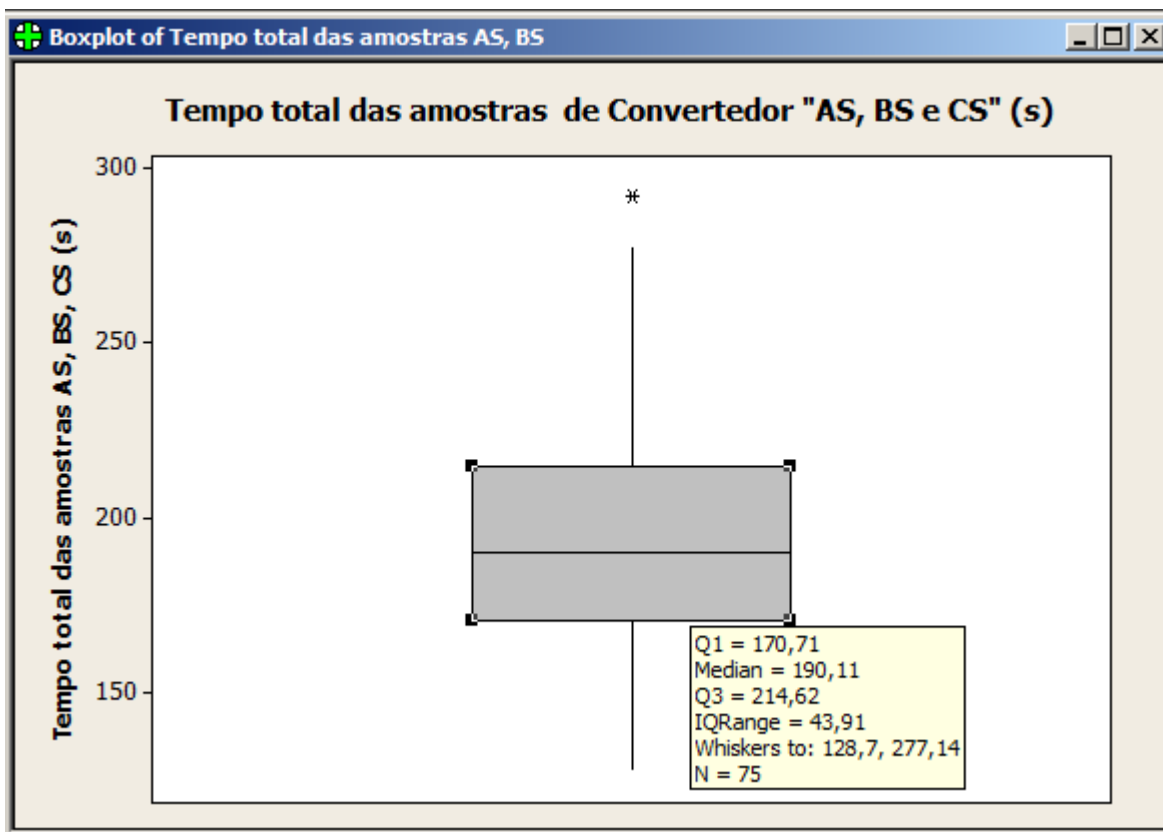


Figura 13 - Boxplot das amostras de convertedor (AS, BS e CS)

Durante o acompanhamento houve alguns acontecimentos que propiciaram para que alguns valores de medição ficassem acima da média. Esses acontecimentos foram relatados no Gráfico de Pareto da Figura 14, e eles são de extrema importância para atuar na redução dos tempos de espera durante a análise das amostras. Houve relato de várias falhas como a chamada "Amostra brocada", que significa uma amostra sem condição de análise, o espectrômetro não consegue ler a dispersão das faixas dos elementos químicos para determinar a composição química da amostra. Quando essa condição acontece é necessário que o operador retire uma nova amostra e envie novamente para o laboratório, perdendo tempo no processo.

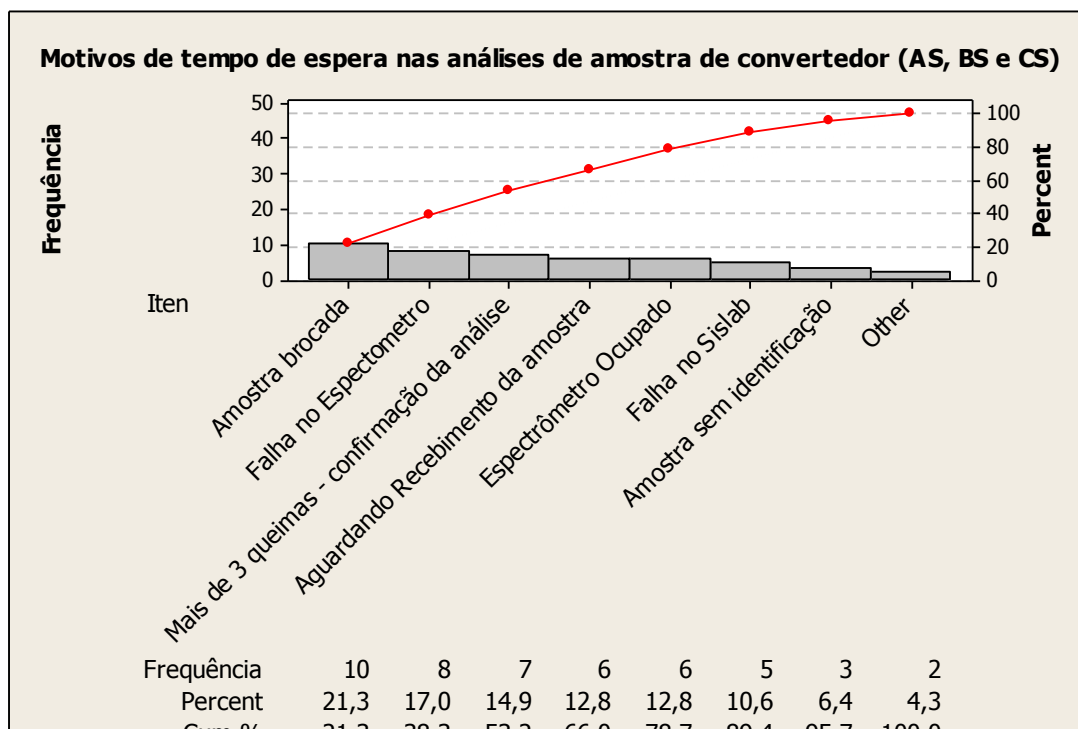


Figura 14 - Gráfico de Pareto dos motivos de espera para análise das amostras de conversor (AS, BS e CS)

6.3 ANÁLISE DA AMOSTRA “P1”

Diante dos dados das amostras de panela de aço (P1) percebemos que na Tabela 6 que o *tempo padrão para análise dessa amostra esta de acordo*, sendo que o tempo real foi de 182,41s e o tempo padrão para análise é de 300s, atendendo com folga o valor padronizado.

Nas amostras N = 18, 23, 26, 45 e 55 os valores ultrapassaram o tempo padrão de 300s. Isto se deveu principalmente a taxa de ocupação do equipamento espectrômetro que analisa as amostras.

N = 56	Durações nos processos (s)							Total (s)
	Transportador	Fresadora	Resfriam.	Lixadeira	Esperas	Espectrom	Sislab	
MÉDIA	18,10	32,62	9,17	21,77	19,71	69,25	12,59	182,41
MEDIANA	10,96	42,97	10,03	16,55	0,00	64,82	11,90	168,31
MÍNIMO	0,00	0,00	0,00	7,76	0,00	50,08	0,00	108,59
MÁXIMO	97,87	73,70	23,33	75,44	196,90	126,40	38,86	344,60
AMPLITUDE	97,87	73,70	23,33	67,68	196,90	76,32	38,86	236,01
DESV.P	24,06	24,49	5,30	13,14	38,88	14,67	6,38	54,92
							Tempo Exigido (s)	300,00

Tabela 6 - Análise dos dados da amostra de Panela de aço (P1)

Na Figura 15, a linha central da distribuição corresponde à mediana, que divide a quantidade de dados das amostras igualmente em dois grupos. A mediana dos dados de amostra de gusa equivale a 168s. A dispersão é representada pela altura do retângulo ($Q3 - Q1$) = 55s.

O retângulo contém 50% dos valores do conjunto de dados. A posição da linha mediana no retângulo informa sobre a assimetria da distribuição. Uma distribuição simétrica teria a mediana no centro do retângulo. Se a mediana é próxima de $Q1$, então, os dados são positivamente assimétricos. Se a mediana é próxima de $Q3$ os dados são negativamente assimétricos. Observa-se que no gráfico apresentado na Figura 13 a distribuição dos dados é positivamente assimétrica.

Houve apenas cinco *outliers* nas amostras N = 18, 23, 26, 45 e 55, com os valores 292s, 323s, 345s, 297s e 317s, respectivamente.

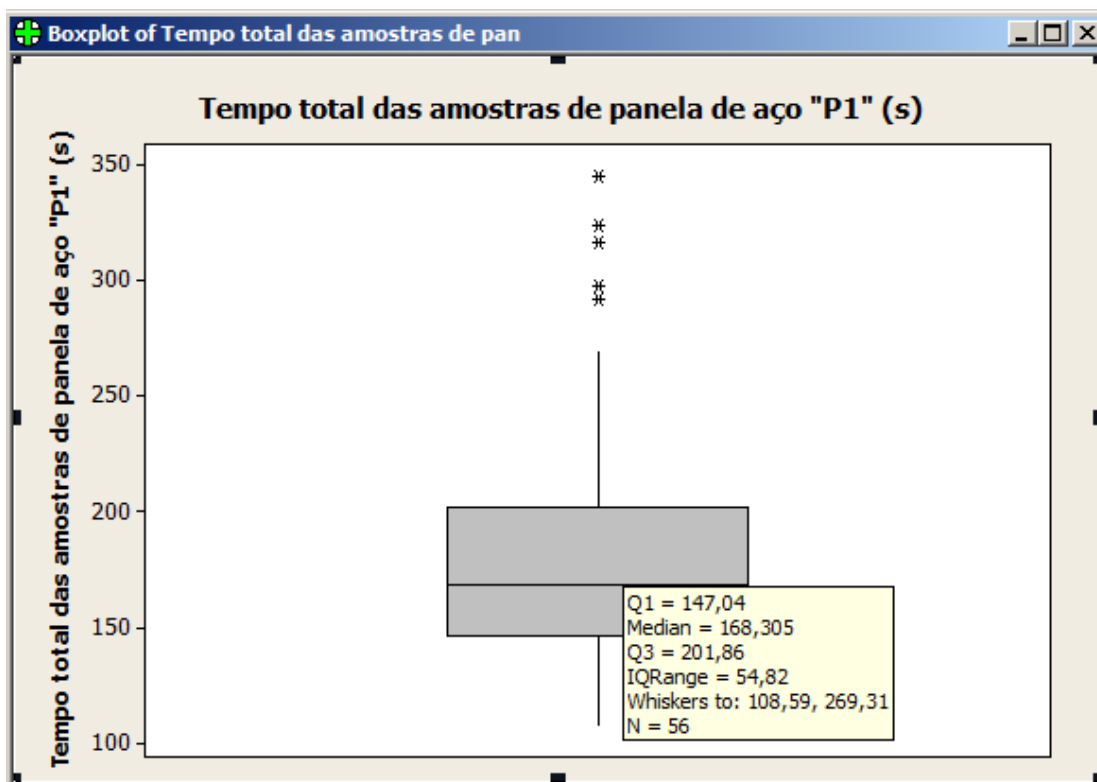


Figura 15 - Boxplot das amostras de panela de aço (P1)

Durante o acompanhamento houve alguns acontecimentos que propiciaram para que alguns valores de medição ficassem acima da média. Esses acontecimentos foram relatados na Figura 16, e eles são de extrema importância para atuar na redução dos tempos de espera durante a análise das amostras. Como a maioria das amostras são analisadas no espectrômetro, seu índice de utilização é altíssimo e dependendo do volume de amostras a serem analisadas naquele instante, há a formação de uma fila de espera de amostras.

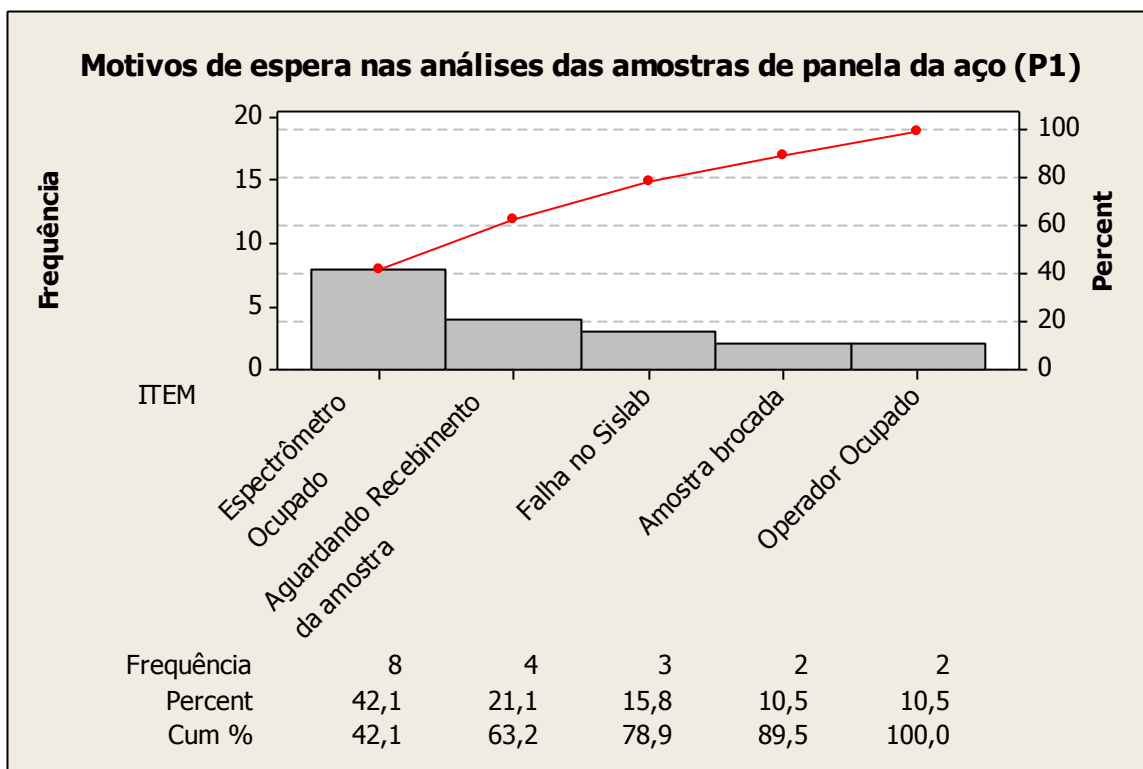


Figura 16 - Gráfico de pareto dos motivos de espera para análise das amostras de panela de aço (P1).

6.4 ANÁLISE DAS AMOSTRAS “F1 A FF”

Percebemos então na Tabela 7 que *o tempo padrão para análise das amostras de forno panela não está de acordo*, sendo que o tempo real foi de 197s e o tempo padrão para análise é de 120s.

O desvio padrão é de 66s e tempo médio de espera é de 25s, relativamente altos. Mesmo reduzindo o tempo médio de espera, ou seja, o tempo onde a amostra está parada sem nenhuma ação sobre ela, não seria possível atender esse tempo padrão, sendo necessária uma revisão.

Apenas uma amostra ficou abaixo dos 120s de padrão, com o valor de 113s. O resto das amostras analisadas ultrapassou o valor padrão.

N = 38	Durações nos processos (s)							Total (s)
	Transportador	Fresadora	Resfriam.	Lixadeira	Esperas	Espectrom.	Sislab	
MÉDIA	19,01	40,23	9,82	21,60	24,75	70,23	16,02	197,44
MEDIANA	2,10	48,39	11,38	18,13	0,00	65,91	11,86	176,99
MÍNIMO	0,00	0,00	0,00	7,77	0,00	47,89	0,00	113,07
MÁXIMO	88,31	80,83	23,63	65,77	175,20	124,51	155,20	420,17
AMPLITUDE	88,31	80,83	23,63	58,00	175,20	76,62	155,20	307,10
DESV.P	26,98	25,01	6,01	12,46	44,42	16,88	23,73	65,54
							Tempo Exigido (s)	120,00

Tabela 7 - Análise dos dados da amostra de Forno Panela (F1 a FF)

Na Figura 17, o gráfico de boxplot nos mostra que a linha central da distribuição corresponde à mediana, que divide a quantidade de dados das amostras igualmente em dois grupos. A mediana dos dados de amostra de gusa equivale a 177s. A dispersão é representada pela altura do retângulo $(Q3 - Q1) = 89s$.

Houve apenas um *outlier* representado no gráfico da amostra N=28 com valor de 420s.

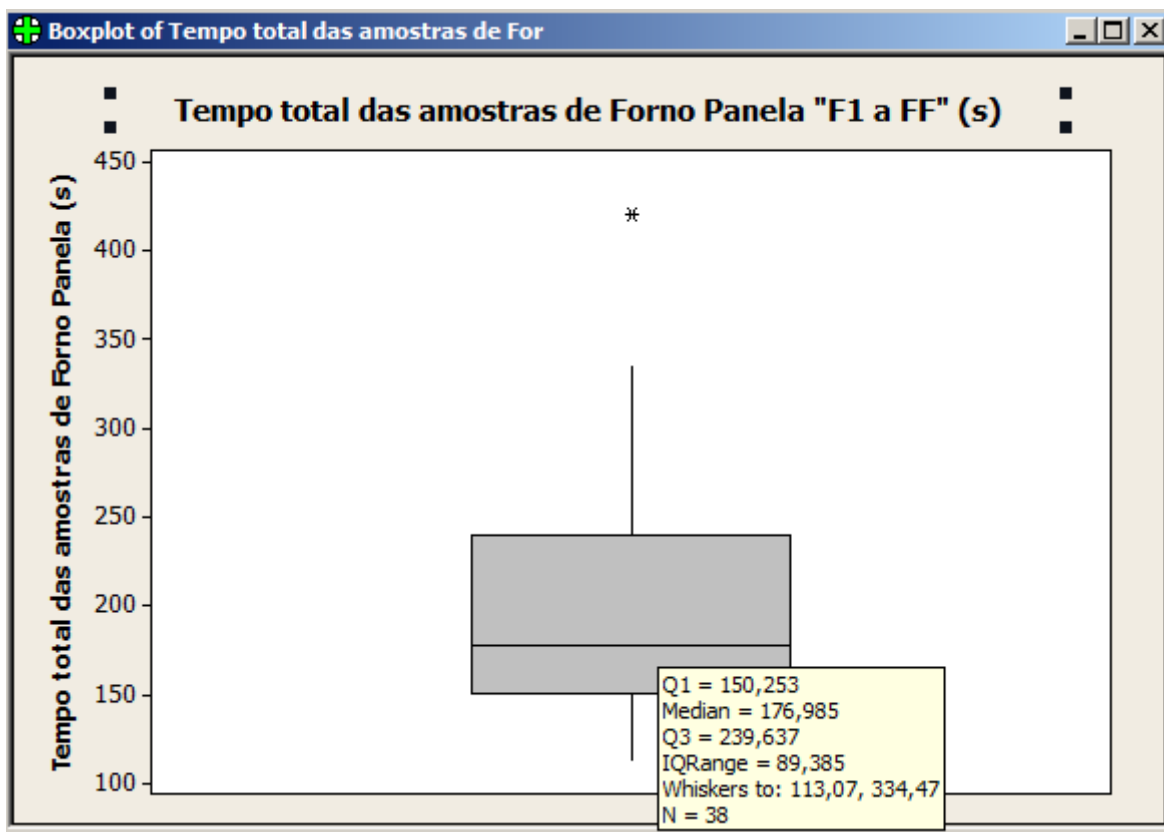


Figura 17 - Boxplot das amostras de Forno Panela (F1 a FF)

Durante o acompanhamento houve alguns acontecimentos que propiciaram para que alguns valores de medição ficassem acima da média. Esses acontecimentos foram relatados na Figura 18, e eles são de extrema importância para atuar na redução dos tempos de espera durante a análise das amostras. Houve relato de várias falhas elétricas no espectrômetro. Nos laboratórios possuímos dois equipamentos e são relativamente velhos (cerca de 30 anos), e ultimamente vem sendo constante a parada para reparo neles pela equipe de manutenção.

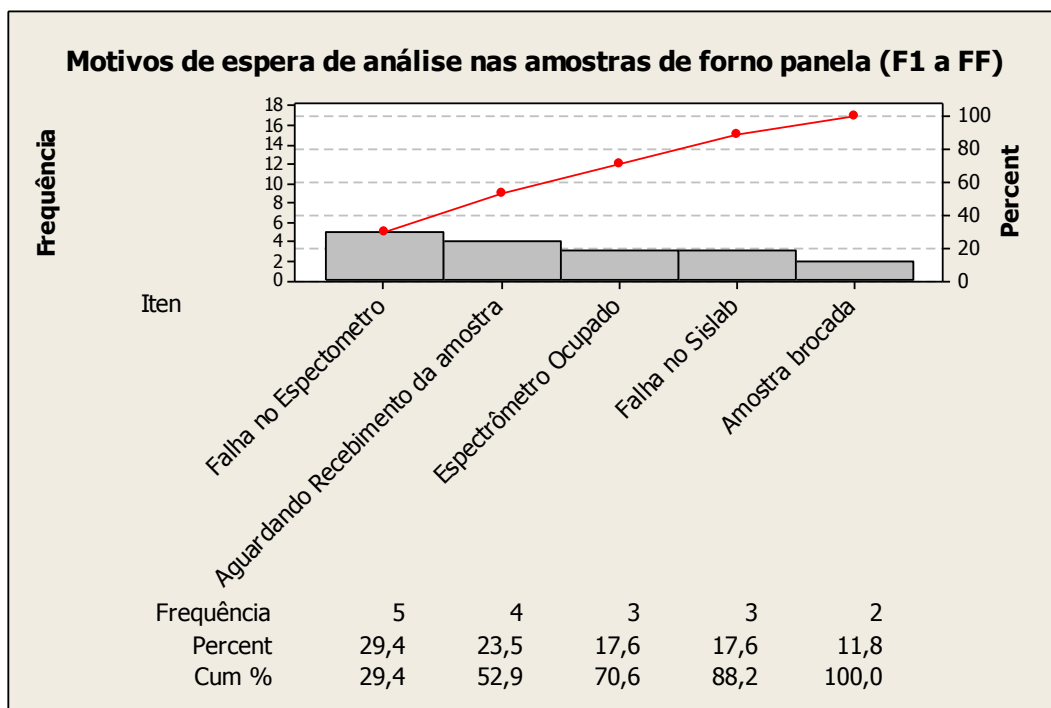


Figura 18 - Gráfico de Pareto dos motivos de espera para análise das amostras de Forno Panela (F1 a FF).

6.5 ANÁLISE DAS AMOSTRAS “G1 A GF”

Percebemos então na Tabela 8 que o *tempo padrão para análise dessas amostras não esta de acordo*, sendo que o tempo real foi de 189,28s e o tempo padrão para análise é de 120s.

O desvio padrão é de 60s e tempo médio de espera é de 27s, relativamente altos. Mesmo reduzindo o tempo médio de espera, ou seja, o tempo onde a amostra esta parada sem nenhuma ação sobre ela, não seria possível atender esse tempo padrão, sendo necessária uma revisão.

Na massa de dados apenas três amostras ficaram abaixo dos 120s de padrão, com o valor de 110s, 114s e 119s, respectivamente. O resto das amostras analisadas ultrapassou o valor padrão.

N = 64	Durações nos processos (s)							Total (s)
	Transportador	Fresadora	Resfriam.	Lixadeira	Esperas	Espectrom.	Sislab	
MÉDIA	21,04	32,18	8,89	18,10	26,81	71,99	11,41	189,28
MEDIANA	12,55	37,56	9,94	16,11	0,00	68,07	10,96	176,54
MÍNIMO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	52,60	3,59	110,40
MÁXIMO	139,54	78,33	20,76	63,54	255,46	130,00	27,28	451,12
AMPLITUDE	139,54	78,33	20,76	63,54	255,46	77,40	23,69	340,72
DESV.P	28,43	26,01	4,77	10,99	44,88	15,77	4,50	60,32
							Tempo Exigido (s)	120,00

Tabela 8 - Análise dos dados da amostra de CASOB (G1 a GF)

Na Figura 19, o gráfico de boxplot nos mostra que a linha central da distribuição corresponde à mediana, que divide a quantidade de dados das amostras igualmente em dois grupos. A mediana dos dados de amostra de gusa equivale a 177s. A dispersão é representada pela altura do retângulo ($Q3 - Q1$) = 62s.

Houve apenas quatro *outliers* representado no gráfico como as amostras N = 39, 43, 49 e 59 com valores de 272s, 352s, 330s, 303s.

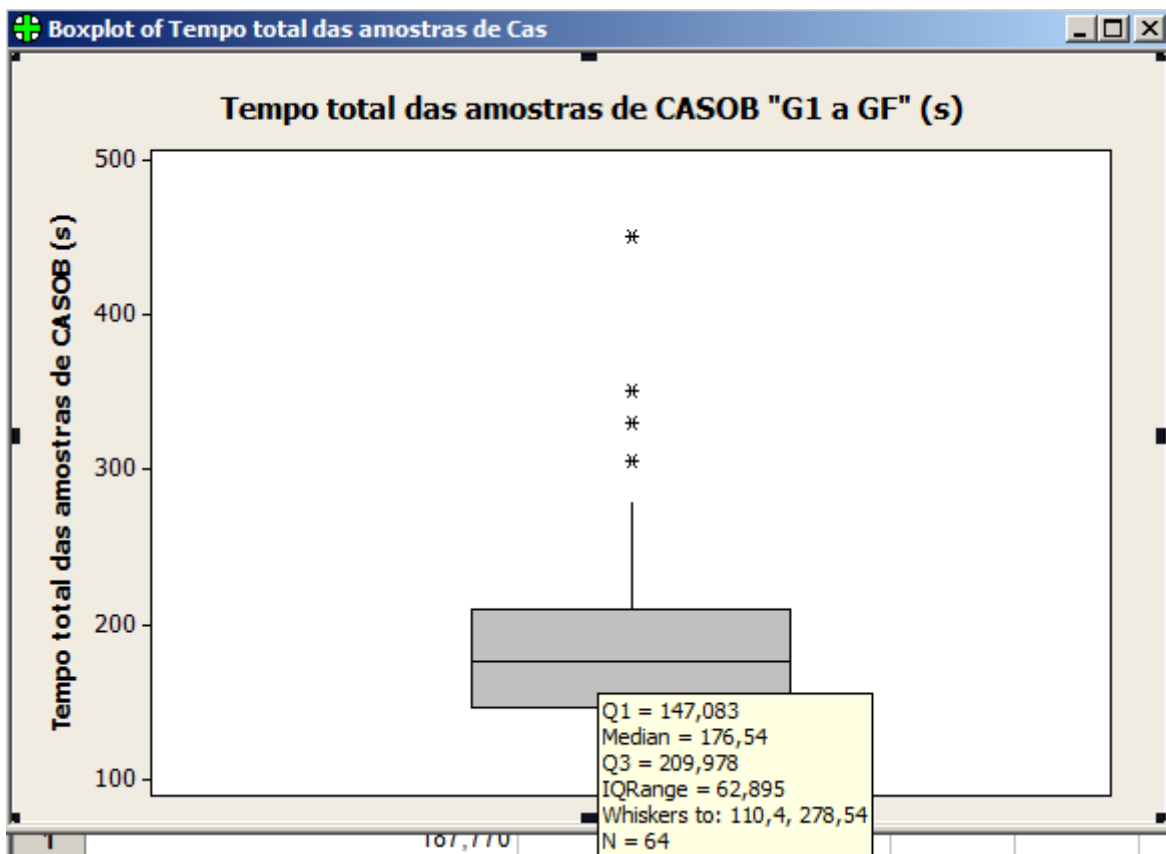


Figura 19 - Boxplot das amostras de CASOB (G1 a GF)

Durante o acompanhamento houve alguns acontecimentos que propiciaram para que alguns valores de medição ficassem acima da média. Esses acontecimentos foram relatados na Figura 20, e eles são de extrema importância para atuar na redução dos tempos de espera durante a análise das amostras. Houve relato de várias falhas elétricas no espectrômetro. Nos laboratórios possuímos dois equipamentos e são relativamente velhos (cerca de 30 anos), e ultimamente vem sendo constante a parada para reparo neles pela equipe de manutenção.

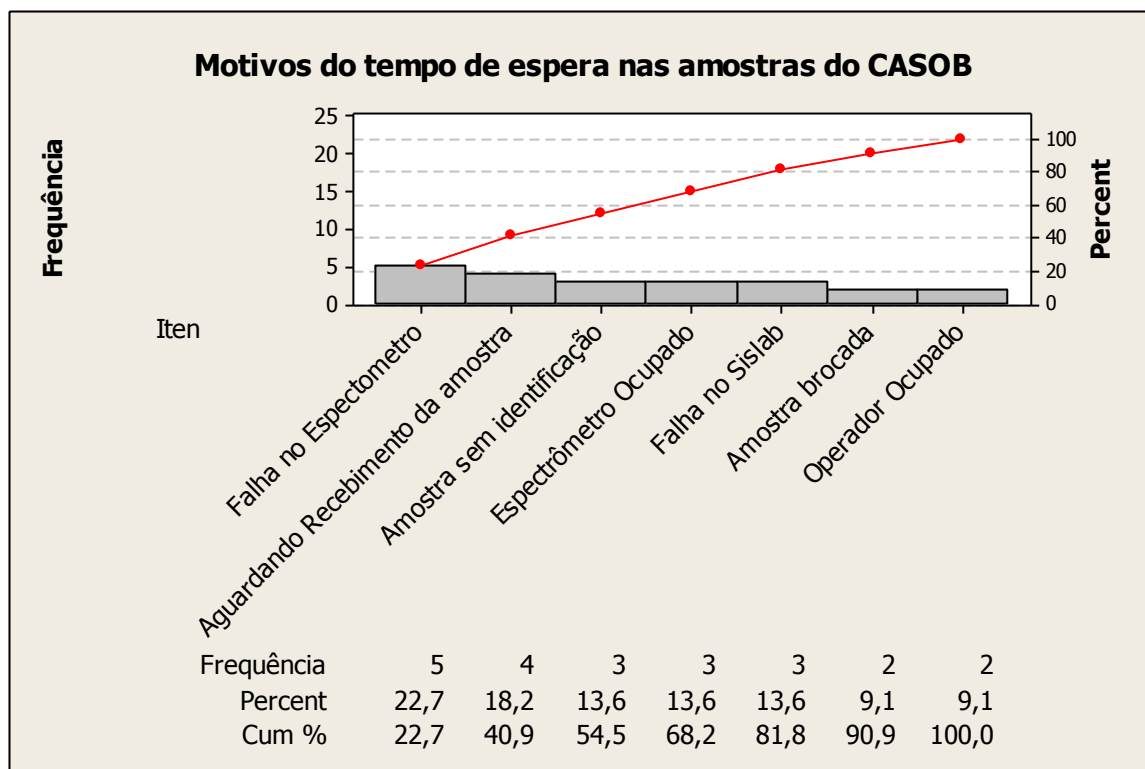


Figura 20 - Gráfico de pareto dos motivos de espera para análise das amostras de CASOB (G1 a GF).

6.6 ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE “V0 A V3”

Na Tabela 9 vemos que *o tempo padrão para análise dessas amostras não esta de acordo*, sendo que o tempo real foi de 376s e o tempo padrão para análise é de 120s.

O desvio padrão é de 127s e tempo médio de espera é de 65s, relativamente muito altos. Mesmo reduzindo o tempo médio de espera, ou seja, o tempo onde a amostra esta parada sem nenhuma ação sobre ela, não seria possível atender esse tempo padrão, sendo necessária uma revisão.

No conjunto de dados apenas a amostra N=10, teve o seu valor abaixo do padrão, com o valor de 113s.

N = 27	Durações nos processos (s)								Total (s)	
	Transportador	Fresadora	Lixadeira	Espectrom.	Esperas	Furadeira	Leco C/S	Sislab		
MÉDIA	40,81	14,94	43,78	97,04	64,59	46,86	116,96	19,40	376,26	
MEDIANA	33,45	9,89	43,32	77,05	48,10	48,24	133,24	13,18	383,77	
MÍNIMO	0,00	0,00	0,00	57,40	0,00	0,00	0,00	0,00	112,52	
MÁXIMO	147,86	63,39	98,94	275,02	365,60	68,67	390,88	72,82	644,28	
AMPLITUDE	147,86	63,39	98,94	217,62	365,60	68,67	390,88	72,82	531,76	
DESV.P	38,17	17,84	24,20	53,99	85,54	13,02	99,91	18,19	127,33	
									Tempo Exigido (s)	120,00

Tabela 9 - Análise dos dados da amostra do RH (V0 a V3)

Na Figura 21, o gráfico de boxplot nos mostra que a linha central da distribuição corresponde à mediana, que divide a quantidade de dados das amostras igualmente em dois grupos. A mediana dos dados de amostra de gusa equivale a 384s. A dispersão é representada pela altura do retângulo ($Q3 - Q1$) = 207s.

Não houve nenhum *outlier*.

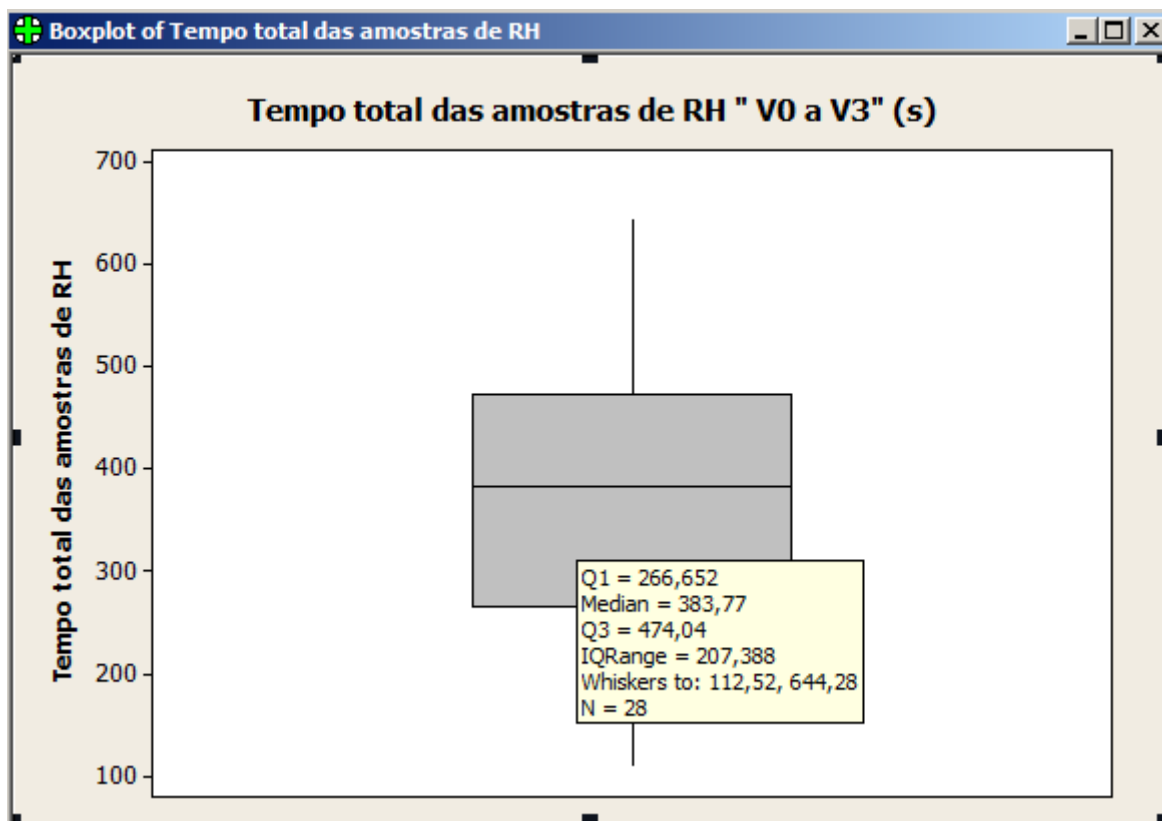


Figura 21 - Boxplot das amostras de RH (V0 a V3)

Durante o acompanhamento houve alguns acontecimentos que propiciaram para que alguns valores de medição ficassem acima da média. Esses acontecimentos foram relatados na Figura 22, e eles são de extrema importância para atuar na redução dos tempos de espera durante a análise das amostras. Nos laboratórios possuímos dois Lecos, que servem para análises de Carbono, Nitrogênio e Hidrogênio e Fósforo. Às vezes quando o espectrômetro está ocupado, mandamos amostras do convertedor (AS, BS e CS) para serem analisadas no equipamento. Com essa estratégia, muitas das vezes as amostras do RH (Desgaseificador a Vácuo) ficam comprometidas na sua análise, já que as amostras do convertedor têm prioridade.

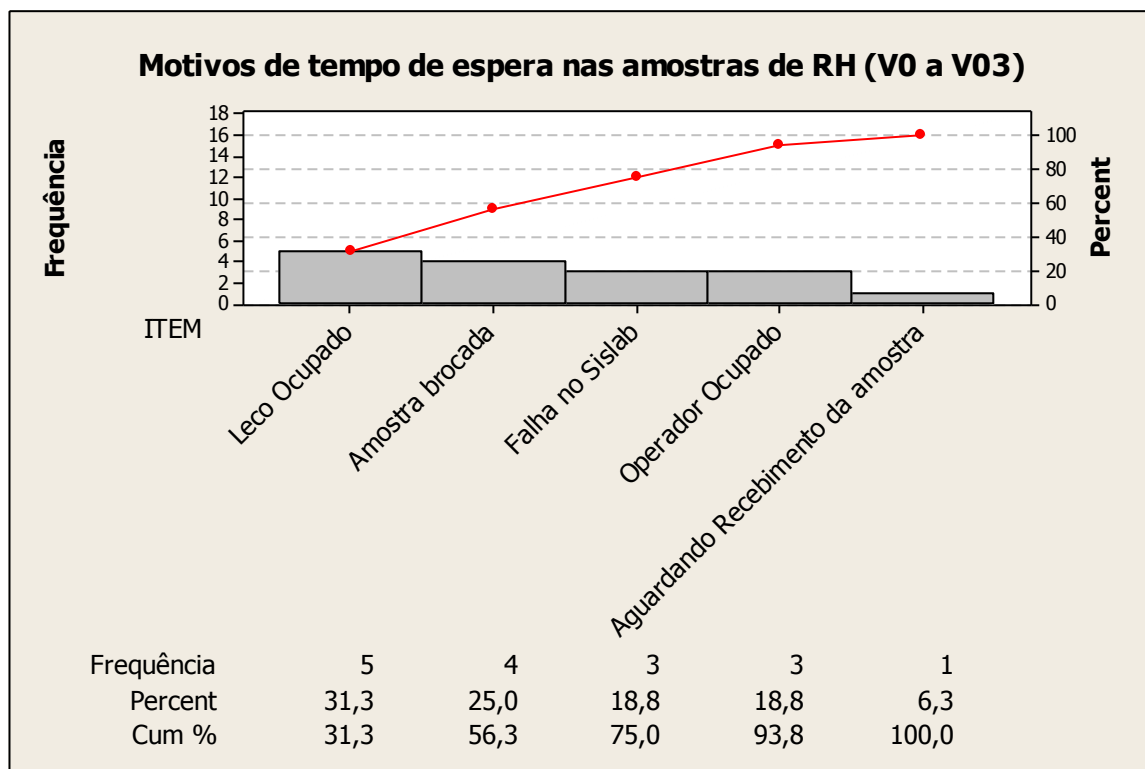


Figura 22 - Gráfico de Pareto dos motivos de espera para análise das amostras de RH (V0 a V3).

6.7 ANÁLISE DA AMOSTRA “VF”

Diante dos dados levantados e agrupados a Tabela 10 nos mostra que o tempo padrão para análise dessas amostras não esta de acordo, sendo que o tempo real foi de 390s e o tempo padrão para análise é de 300s.

O desvio padrão é de 121s e tempo médio de espera é de 30s, relativamente muito altos. Mesmo reduzindo o tempo médio de espera, ou seja, o tempo onde a amostra esta parada sem nenhuma ação sobre ela, não seria possível atender esse tempo padrão, sendo necessária uma revisão.

No conjunto de dados apenas quatro amostras, N = 2, 4, 5 e 7, teve o seu valor abaixo do padrão, com o valores de 298s, 186s, 225s, e 272s.

N = 15	Durações nos processos (s)									Total (s)	
	Transp.	Fresadora	Resfriam.	Lix.	Espectrom.	Esperas	Furadeira	Leco N2	Sislab		
MÉDIA	57,77	26,53	9,72	39,31	91,54	30,22	50,58	123,99	13,34	390,06	
MEDIANA	13,05	0,00	9,53	36,85	72,75	24,44	47,01	148,93	11,00	378,65	
MÍNIMO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	33,25	0,00	0,00	186,17	
MÁXIMO	265,81	70,08	33,15	76,83	194,68	128,30	83,09	222,98	33,35	584,41	
AMPLITUDE	265,81	70,08	33,15	76,83	194,68	128,30	49,84	222,98	33,35	398,24	
DESV.P	78,98	33,47	9,65	23,26	57,45	37,05	15,20	72,49	9,61	121,29	
										Tempo Exigido (s)	300,00

Tabela 10 - Análise dos dados da amostra de RH (VF)

Na Figura 23, o gráfico de boxplot nos mostra que a linha central da distribuição corresponde à mediana, que divide a quantidade de dados das amostras igualmente em dois grupos. A mediana dos dados de amostra do equipamento RH (Desgaseificador a vácuo) equivale a 379s. A dispersão é representada pela altura do retângulo ($Q3 - Q1$) = 2136s.

Não houve nenhum *outlier*.

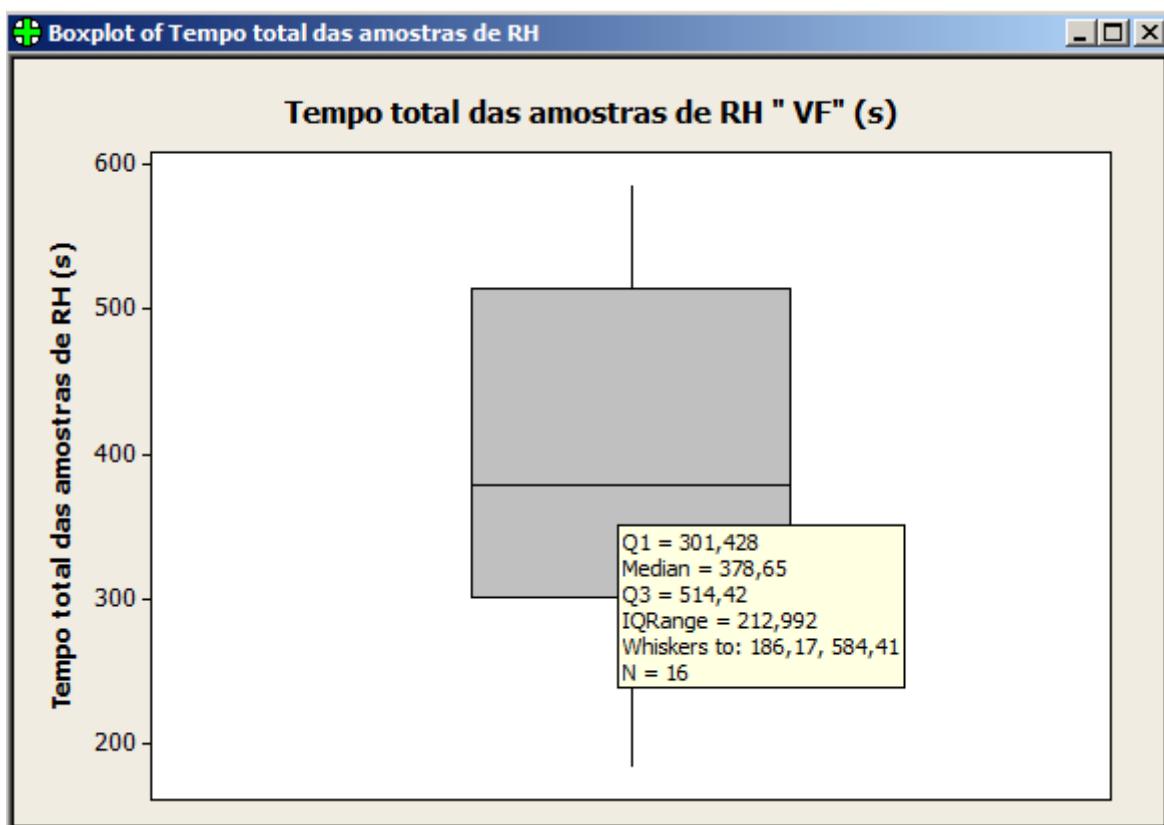


Figura 23 - Boxplot das amostras de RH (VF)

Durante o acompanhamento houve alguns acontecimentos que propiciaram para que alguns valores de medição ficassem acima da média. Esses acontecimentos foram relatados na Figura 24, e eles são de extrema importância para atuar na redução dos tempos de espera durante a análise das amostras. Houve relato de várias falhas como a chamada "Amostra brocada", que significa uma amostra sem condição de análise, o espectrômetro não consegue ler a dispersão das faixas dos elementos químicos para determinar a composição química da amostra. Quando essa condição acontece é necessário que o operador retire uma nova amostra e envie novamente para o laboratório, perdendo tempo no processo.

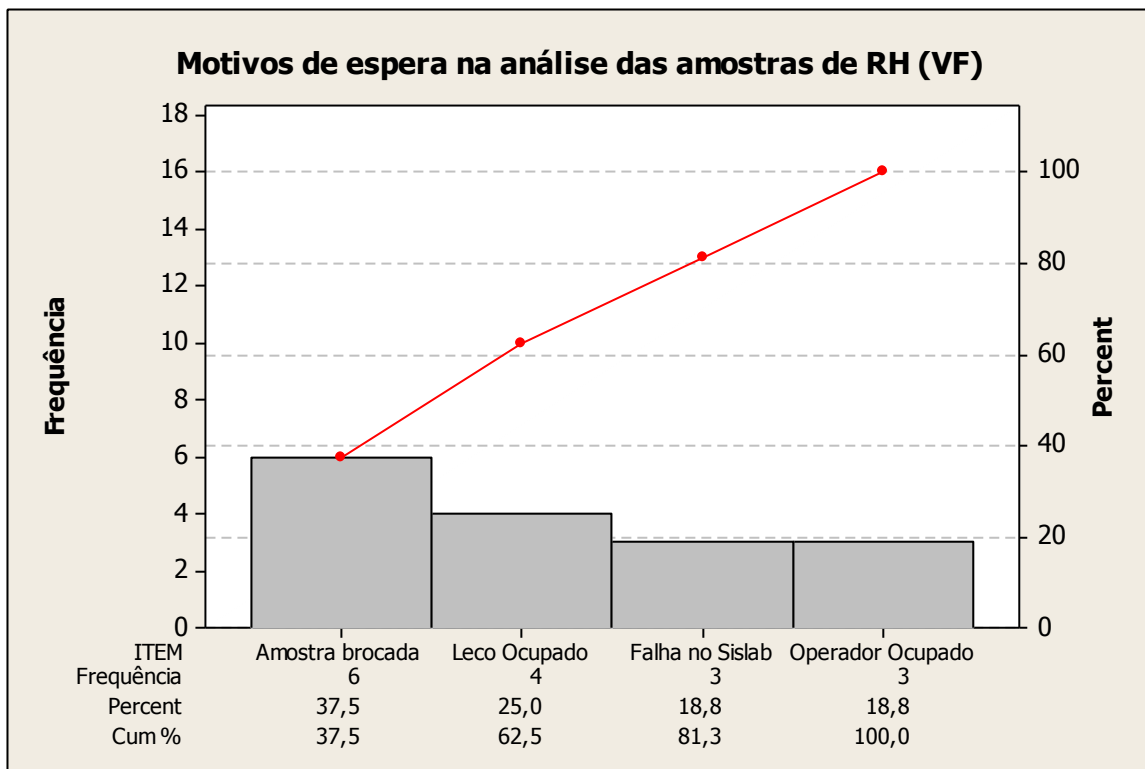


Figura 24 - Gráfico de pareto dos motivos de espera para análise das amostras de RH (VF).

7. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma análise estatística que buscava obter os tempos médios de cada etapa e o tempo total no processo de análise química das amostras na aciaria. Podemos perceber que apenas as amostras de gusa e de panela (P1), estão atendendo os padrões solicitados atualmente pela aciaria para os laboratórios.

Conseguimos perceber também que a média atual das análises das amostras de convertedor (AS, BS e CS), Forno Panela (F1 a FF), CASOB (G1 a GF) e RH (V0 a V3 e VF) esta muito longe de atingir os tempos padrões exigidos, em alguns casos nenhuma amostra conseguiu atingir esse valor. Por isso será necessário estabelecer novas metas de padrões para que a Gerência de Laboratórios da usina não seja afetada em seus índices de falhas devido a uma mudança do cenário atual de produção (Tabela 11).


	Tempo de análise das Amostras (s)						
	Gusa	AS, BS e CS	P1	F1 a FF	G1 a GF	V0 a V3	VF
Média	219	196	182	197	189	376	390
Mediana	184	190	168	177	177	384	379
Mínimo	122	129	109	113	110	113	186
Máximo	503	292	345	420	451	644	584
Amplitude	381	163	236	307	341	532	398
Desv. Padrão	89	33	55	66	60	127	121
N = Amostras	36	75	56	38	64	28	16
Tempo Exigido (s)	420	120	300	120	120	120	300

Tabela 11 – Tabela comparativa das médias das análises de todas as amostras da aciaria com seus respectivos padrões.

Diante dos motivos observados in loco, obtivemos um Gráfico de Pareto geral com todos os motivos de espera de análise das amostras, que poderá ser utilizado para atuar na redução desses tempos. Ele servirá de base para que a equipe da operação e manutenção possa atuar efetivamente nessas falhas ou na contratação de novos funcionários tentando reduzir ao máximo a ociosidade dos laboratórios. (Figura 25)

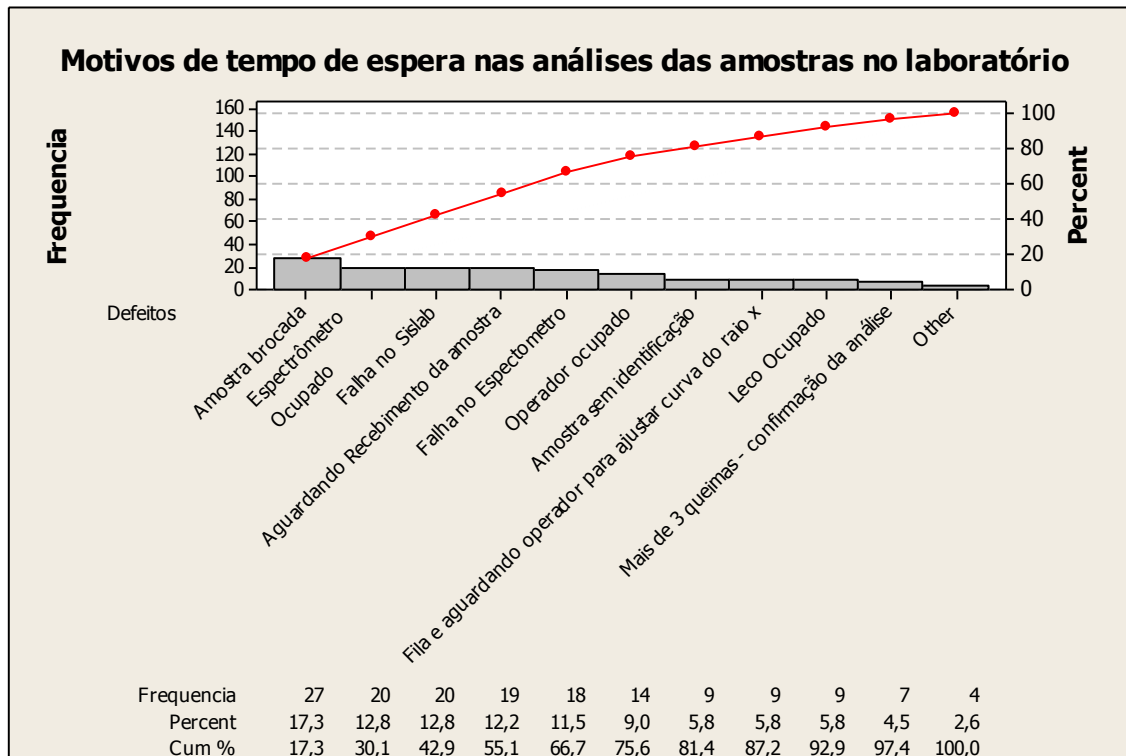


Figura 25 - Gráfico de pareto dos motivos de espera para análise de todas as amostras da aciaria no período analisado.

8. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

ALMEIDA, 2005. A. T. P. Estudo da Cinética de Descarburização no Modelo Físico do Desgaseificador à Vácuo RH, Trabalho Final de Curso, UFMG, Belo Horizonte, 2005.

BUSSAB, Wilton e MORETIN, Pedro. Estatística Básica. 5 ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

AS MINAS GERAIS, 2016. Site: As Minas Gerais - Biblioteca Interativa. – Disponível em Acessado em 22 de novembro de 2016.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. Administração de Produção e Operações. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

FERNANDES, Gilberto. Comportamento de Estruturas de Pavimentos Ferroviários com a Utilização de Solos Finos e/ou Resíduos de Mineração de Ferro Associados a Geossintéticos. Faculdade de Tecnologia – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – Universidade de Brasília. Brasília, 2005.

MACHADO, A. T. Estudo comparativo dos métodos de ensaio para avaliação da expansibilidade das escórias de aciaria. USP. 153p. São Paulo, 2000. (Dissertação de Mestrado).

MONTGOMERY, D. C. Introduction to Statistical Quality Control. Tradução de Ana Maria Lima de Farias e Vera Regina Lima de Farias e Flores. 4th Edition, New York: John Wiley, 2004.

RIZZO, 2006. Introdução aos Processos de Refino Secundário dos Aços, 2006; Rizzo, Ernandes Marcos da Silveira; Assunto: SIDERURGIA; Páginas: 102; Editora/fornecedor: ABM ISBN 85-86778-94-X.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. Tradução de Maria Teresa Corrêa de Oliveira e Fábio Alher. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TUKEY, J. W. Exploratory Data Analysis. Addison-Wesley, Reading, MA. 1977.

9. APÊNCIDE

