



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - ESCOLA DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ESTRUTURAS METÁLICAS DO INÍCIO DO PERÍODO DE INDUSTRIALIZAÇÃO  
EM MINAS GERAIS: Decorrências e Preservação**

**Autor: Fernanda Alves de Brito Bueno**

Ouro Preto, outubro de 2012.





UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - ESCOLA DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ESTRUTURAS METÁLICAS DO INÍCIO DO PERÍODO DE INDUSTRIALIZAÇÃO  
EM MINAS GERAIS: Decorrências e Preservação**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte integrante dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências da Engenharia Civil, área de concentração: Construção Metálica.

Orientador: Prof. D.Sc. Luiz Fernando Loureiro Ribeiro

**Autor: Fernanda Alves de Brito Bueno**

Ouro Preto, outubro de 2012.



B928e Bueno, Fernanda Alves de Brito.  
Estruturas metálicas do início do período de industrialização em Minas Gerais [manuscrito] : decorrências e preservação / Fernanda Alves de Brito Bueno - 2012.  
xxxii, 378f.: il. color.; tab.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Loureiro Ribeiro.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.  
Área de concentração: Construção Metálica.

1. Estruturas metálicas - Teses. 2. Patrimônio - Teses. 3. Industrialização - Teses. 4. Conservação e restauração - Teses. 5. Preservação - Teses.  
I. Ribeiro, Luiz Fernando Loureiro. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 624.014.2:338.45(815.1)

Catálogo: [sisbin@sisbin.ufop.br](mailto:sisbin@sisbin.ufop.br)

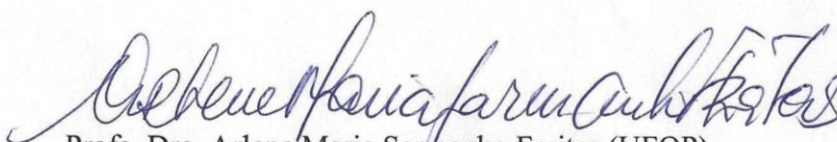
**ESTRUTURAS METÁLICAS DO INÍCIO DO PERÍODO DE  
INDUSTRIALIZAÇÃO EM MINAS GERAIS: DECORRÊNCIAS E  
PRESERVAÇÃO**

**AUTORA: FERNANDA ALVES DE BRITO BUENO**

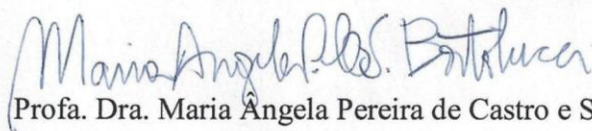
Esta dissertação foi apresentada em sessão pública e aprovada em 26 de outubro de 2012, pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:



Prof. Dr. Luiz Fernando Loureiro Ribeiro (Orientador / UFOP)



Prof. Dra. Arlene Maria Sarmanho Freitas (UFOP)



Prof. Dra. Maria Angela Pereira de Castro e Silva Bortolucci (USP)

**Às pessoas especiais da minha vida, meus pais, Sônia e Luiz Fernando  
e meu irmão Bruno, por me fazerem acreditar que é possível.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus pela Vida, por me cercar de pessoas especiais e permitir mais este aprendizado.

E por falar em especial, ao meu querido orientador Luiz Fernando Loureiro Ribeiro, por acreditar neste trabalho e ter dedicado toda atenção e paciência. Obrigada pela oportunidade, confiança e aprendizado.

À FAPEMIG pelo fomento à pesquisa.

Aos professores da Escola de Minas da UFOP, em especial ao corpo docente do PROPEC.

Ao Prof. Luiz Cláudio Cândido, pelos indispensáveis ensinamentos e por disponibilizar tempo para intermináveis conversas sobre metalografia e corrosão.

À ArcelorMittal Brasil que permitiu a realização deste trabalho nas antigas instalações da empresa Belgo Mineira em Sabará, em especial à Raquel Angélica Gomes pela atenção em intermediar os contatos e ao Pedro Eduardo Magalhães, técnico de segurança.

Aos amigos que fiz durante este trabalho no Centro de Memória da ArcelorMittal, em especial à historiadora Isabella Menezes pela atenção e aprendizado e ao historiador Felipe Munaier pela ajuda nas pesquisas.

À AngloGold Ashanti, por permitir a realização do trabalho nas instalações da Mina de Morro Velho em Nova Lima, em especial à Arquiteta Déborah Guy e à Rivene de Oliveira.

Ao DEMET da Escola de Minas, em especial ao Prof. Raimundo Teixeira Costa pelas conversas e ao técnico de laboratório, Graciliano, que com muita boa vontade, realizou o preparo das amostras para análise metalográfica.

À Cia VDL Siderúrgica, em especial ao Cláudio, por disponibilizar o laboratório para realização da composição química dos materiais.

Agradeço a Arq. Alessandra Silva e ao Arqueólogo Fabiano Lopes de Paula pelas informações e por gentilmente disponibilizar, mediante autorização, imagens e textos do trabalho realizado nas instalações da Mina de Morro Velho.

Aos amigos do IEPHA, que me recebem com carinho e não medem esforços para ajudar. Em especial, a Prof. Elizabeth Sales, pelo carinho, ensinamento e por ter sido de certa forma, responsável, pelo despertar do interesse sobre o tema.

Ao Arq. Lizandro de Melo Franco pelas conversas sobre Patrimônio Industrial e conversas sobre a restauração da Serraria Souza Pinto.

Ao Sr. Fernando Antônio Affonso de Araújo, que concedeu entrevista esclarecedora sobre a Fábrica de Tecidos de Ouro Preto, contribuindo para o registro histórico.



À Prefeitura de Ouro Preto, que por intermédio da Débora, disponibilizou consulta ao projeto da Fábrica de Tecidos.

Ao Prof. Tito Flávio, que juntamente com o Prof. Luiz Fernando, orientou meu estágio de docência. Agradeço pela oportunidade e aos ensinamentos.

À Róvia por estar sempre pronta a ajudar.

Ao meu fotógrafo especial, Mateus Lustosa, que eternizou lindamente muitos dos registros de campo.

À querida Deise Lustosa, amiga sempre presente e sócia em muitas empreitadas. Obrigada!

Às queridas amigas Ana Paula Marinho, Gabriela Polli, Gláucia Ribeiro e Mariana Felicetti. Sem o incentivo e apoio de vocês não seria possível !

À minha querida amiga, Caroline Semionato Andrade, que partiu durante este trabalho, deixando saudade, mas me ensinou o verdadeiro sentido da vida.

Este mestrado também me presenteou com novos amigos, em especial Franciele, que dividiram comigo momentos bons e difíceis, sendo fundamentais e responsáveis por torná-los inesquecíveis. Espero que estes laços de amizade sejam eternos.

O alicerce para tudo encontro na família. Aos meus pais, Sônia e Luiz Fernando, agradeço pelo amor incondicional, ensinamentos e presença constante na minha vida. Ao meu irmão Bruno, por ser meu melhor amigo e suporte em todos os momentos; e à minha cunhada Adriana, pessoa que admiro, chegou aos poucos e se fez irmã. À vocês, obrigada pela paciência, amor e confiança.

A todos os meus tios, em especial Tia Ana Rosa e Tio Octávio, amigos e "sobrinhos" do coração que torceram por mim, me incentivaram com palavras e compreenderam minha ausência. Acredito que um trabalho como este nos transforma, obrigada a todos que de alguma forma me ensinaram, apoiaram e contribuíram para a conclusão de mais esta etapa !

**"Não sei se a vida é curta ou longa para nós,  
mas sei que nada do que vivemos tem sentido,  
se não tocarmos o coração das pessoas.  
Muitas vezes basta ser: colo que acolhe, braço que envolve,  
palavra que conforta, silêncio que respeita,  
alegria que contagia, lágrima que corre,  
olhar que acaricia, desejo que sacia, amor que promove.  
E isso não é coisa de outro mundo, é o que dá sentido à vida.  
É o que faz com que ela não seja nem curta, nem longa demais,  
mas que seja intensa, verdadeira, pura enquanto durar.  
Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina."**

*Cora Coralina*

## RESUMO

Grande parte das estruturas arquitetônicas instaladas durante o início do período de industrialização possuem valores intrínsecos que envolvem questões históricas, estéticas, construtivas, tecnológicas, sociais entre tantas outras variáveis, sendo portanto consideradas Patrimônio Cultural. A importância da preservação deste legado e o reconhecimento enquanto Patrimônio Industrial são relativamente recentes no Brasil e, dentro deste contexto, enquadra-se não apenas a arquitetura produzida com materiais industrializados, mas também a arquitetura para fins industriais, sendo este o objeto do trabalho. Estes equipamentos industriais, além de se revelarem como registro das atividades econômicas, possuem características construtivas significativas na história da arquitetura, possibilitadas pelos avanços tecnológicos e pela disponibilidade dos novos materiais da época, entre eles o metal. Para desenvolvimento deste trabalho optou-se pela seleção de objetos por amostragem, sendo aqui registrados e analisados o conjunto industrial da antiga Companhia Siderúrgica Belgo Mineira em Sabará, algumas instalações da Mina de Morro Velho em Nova Lima e a Fábrica de Tecidos de Ouro Preto. A pesquisa tem como foco principal a análise das estruturas metálicas nas esferas histórica e construtiva, de forma a identificar modelos de sistemas estruturais empregados e sua importância na história da arquitetura do ferro. O trabalho realizado tem como propósito registrar e justificar a importância da preservação destes exemplares e estabelecer um diagnóstico do estado de conservação que contribua para uma possível restauração dos conjuntos, baseada em critérios e normas de preservação. A partir de uma análise qualitativa são apresentados modelos comparativos das tipologias industriais, quadros dos sistemas estruturais, além da identificação do tipo de metal e principais patologias encontradas. Como resultados são indicados métodos de tratamento e medidas preventivas, além de um estudo de ocupação que se apresenta como experimentação das diversas possibilidades de reabilitação e requalificação destes antigos espaços industriais, de grande potencial e repletos de significados.

Palavras chave: Industrialização; Patrimônio industrial; Estruturas metálicas; Conservação; Restauração; Preservação; Requalificação.

## ABSTRACT

Most of the architectural structures installed during the beginning of the industrialization period have intrinsic values that involve historic, aesthetic, constructive, technological and social issues, among many other variables, so that they are considered Cultural Heritage. The importance of the preservation of this legacy and its acknowledgement as being Industrial Heritage are relatively recent in Brazil and, within this context, it is included not only the architecture produced with industrialized materials, but also the architecture for industrial purposes, which is the subject of this work. These industrial structures, besides revealing themselves as register of the economic activities, have significant constructive characteristics in the architecture history, enabled by the technological advances and by the availability of the new materials of the age, among them it is the metal. To develop this work a selection of sampling objects was chosen and the industrial sets of the former Belgo Mineira Iron and Steel Industry in Sabará, some installations of the Saint John d'El Rey Mining Company in Nova Lima and the Textile Factory in Ouro Preto were registered and analyzed in this dissertation. The research focuses mainly in the analysis of the metallic structures in the historic and constructive spheres to identify models of employed structural systems and their importance in the history of the iron architecture. The aim of this work is to register and justify the importance of the preservation of these samples and establish a diagnosis of the conservation state that contribute for a possible restoration of the industrial sets, based on preservation standards and criteria. From a qualitative analysis, comparative models of the industrial typologies, frameworks of structural systems, besides the identification of the type of metal and main pathologies found are presented. In the results, methods of treatment and preventive measures are indicated, as well as a study of occupation that presents itself as experimentation with the various possibilities of rehabilitation and redevelopment of these former industrial spaces, which are of great potential and full of meanings.

Keywords: Industrialization; Industrial heritage; Metallic structures; Conservation; Restoration; Preservation; Redevelopment.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	XII
LISTA DE TABELAS.....	XXXII
<b>CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....</b>	<b>1</b>
1.1 – Descrição do problema e Justificativa.....	1
1.2 – Objetivos.....	7
1.2.1 – Objetivo Geral.....	7
1.2.2 – Objetivos Específicos.....	7
1.3 – Definição dos Objetos de Estudo.....	8
1.4 – Metodologia.....	14
1.5 – Escopo do trabalho.....	17
<b>CAPÍTULO 2 – O CASO DA BELGO MINEIRA EM SABARÁ.....</b>	<b>19</b>
2.1 - A importância da Companhia Belgo Mineira na História da Siderurgia no Brasil.....	19
2.2 – Pesquisa histórico documental da Companhia Belgo Mineira em Sabará.....	20
2.2.1 – Evolução da ocupação industrial da Siderúrgica Belgo Mineira em Sabará.....	39
2.3 - Pesquisa de Campo - Belgo Mineira.....	54
2.3.1 – Descrição da tipologia construtiva.....	54
2.3.2 – Cortes do Levantamento Arquitetônico.....	73
2.3.3 – Diagnóstico do Estado de Conservação.....	75
2.3.4 – Identificação do metal.....	86
2.4 – Cruzamento dos Dados Históricos e da Pesquisa de campo - Belgo Mineira/Sabará.....	95
<b>CAPÍTULO 3 – O CASO DA MINA DE MORRO VELHO / NOVA LIMA .....</b>	<b>97</b>
3.1 - Pesquisa histórico documental da Mina de Morro Velho – Nova Lima.....	97
3.1.1 – Evolução da ocupação da área industrial Mina de Morro Velho – Nova Lima..	108

3.2 – Pesquisa de Campo - Galpões Mina de Morro Velho em Nova Lima.....	129
3.2.1 – Galpão Oficina Mecânica e Ferraria.....	129
3.2.1.1 – Descrição da tipologia construtiva.....	130
3.2.1.2 – Cortes do Levantamento Arquitetônico.....	139
3.2.1.3 – Diagnóstico do Estado de Conservação.....	140
3.2.1.4 – Identificação metal.....	147
3.2.2 – Galpão Fundição Ferro e Bronze.....	151
3.2.2.1 – Descrição da tipologia construtiva.....	151
3.2.2.2 – Levantamento Arquitetônico.....	155
3.2.2.3 – Diagnóstico do Estado de Conservação.....	156
3.2.2.4 – Identificação metal.....	157
3.2.3 – Galpão Boca da Mina.....	158
3.2.3.1 – Descrição da tipologia construtiva.....	158
3.2.3.2 – Levantamento Arquitetônico.....	161
3.2.3.3 – Diagnóstico do Estado de Conservação.....	162
3.2.3.4 – Identificação metal.....	165
3.2.4 – Galpão Almojarifado e Fábrica de Cadinhos.....	166
3.2.4.1 – Descrição da tipologia construtiva.....	166
3.2.4.2 – Levantamento Arquitetônico.....	169
3.2.4.3 – Diagnóstico do Estado de Conservação.....	170
3.2.4.4 – Identificação metal.....	172
3.2.5 – Galpão Elétrica.....	173
3.2.5.1 – Descrição da tipologia construtiva.....	173
3.2.5.2 – Levantamento Arquitetônico.....	177
3.2.5.3 – Diagnóstico do Estado de Conservação.....	178

3.2.5.4 – Identificação metal.....	179
3.2.6 – Galpão Modelagem.....	180
3.2.6.1 – Descrição da tipologia construtiva.....	180
3.2.6.2 – Levantamento Arquitetônico.....	185
3.2.6.3 – Diagnóstico do Estado de Conservação.....	185
3.2.6.4 – Identificação metal.....	186
3.3 - Cruzamento dos Dados Históricos e da Pesquisa de campo - Mina de Morro Velho / Nova Lima.....	187
<b>CAPÍTULO 4 – O CASO DA FÁBRICA DE TECIDOS DE OURO PRETO.....</b>	<b>192</b>
4.1 – Pesquisa histórico documental da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto.....	192
4.2 – Pesquisa de Campo - Fábrica de Tecidos de Ouro Preto.....	202
4.2.1 – Descrição da tipologia construtiva.....	202
4.2.2 – Projeto Arquitetônico.....	213
4.2.3 – Diagnóstico do Estado de Conservação.....	214
4.2.4 – Identificação do metal.....	220
4.3 - Cruzamento dos Dados Históricos e da Pesquisa de campo - Fábrica de Tecidos/ Ouro Preto.....	223
<b>CAPÍTULO 5 – ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS.....</b>	<b>226</b>
5.1 – Análise Comparativa do Sistema Construtivo e da Tipologia Arquitetônica.....	226
5.1.1 – História da Arquitetura do Ferro.....	226
5.1.2 – Cruzamento entre os Objetos de Estudo e a História da Arquitetura do Ferro...	236
5.2 – Análise Qualitativa dos Dados.....	266
5.2.1 – Interpretação dos Dados Laboratoriais.....	266
5.2.2 – Principais Patologias Encontradas e Causas de degradação.....	268
<b>CAPÍTULO 6 – PROPOSIÇÕES.....</b>	<b>274</b>
6.1 – Critérios, Parâmetros e Procedimentos para Preservação.....	274
6.2 – Indicação de Métodos de Tratamento e Medidas Preventivas.....	280

6.3 – Estudo de Intervenção - Instalações da Antiga Cia Belgo Mineira em Sabará.....	296
<b>CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES.....</b>	<b>308</b>
7.1 – Considerações Finais .....	308
7.2 – Sugestões de Pesquisas Futuras.....	312
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>313</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>320</b>
APÊNDICE A - Planta de localização dos pilares dos galpões da Belgo Mineira / Sabará.....	321
APÊNDICE B - Fichas do Diagnóstico do Estado de Conservação da Estrutura - Galpões metálicos da antiga Companhia Belgo Mineira/Sabará.....	322
APÊNDICE C – Processos de fabricação e características dos metais.....	339
APÊNDICE D – Técnicas para fixação e junção de peças.....	349
APÊNDICE E – Como identificar os metais.....	350
APÊNDICE F – Patologias do Metal.....	351
APÊNDICE G – Medidas Preventivas e Métodos de Tratamento.....	359
<b>ANEXOS.....</b>	<b>373</b>
ANEXO A - Imagens do Projeto da Fundação - Antiga Companhia Belgo Mineira em Sabará.....	374
ANEXO B - Imagens do Projeto da Modelagem - Antiga Companhia Belgo Mineira em Sabará.....	375
ANEXO C - Corte do projeto da Fundação e Galpão do forno Siemens Martin - Antiga Companhia Belgo Mineira em Sabará.....	376
ANEXO D - Projeto do galpão da Oficina Mecânica - Antiga Companhia Belgo Mineira em Sabará.....	377
ANEXO E - Projeto do Laminador - Antiga Companhia Belgo Mineira em Sabará.....	378

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Figura 1.1: Registros das instalações da Fábrica Lafersa em Contagem. ....	5
Figura 1.2: Instalações da empresa Lafersa, em Contagem. ....	5
Figura 1. 3: Registros da Serraria Souza Pinto .....	6
Figura 1.4: Vista Usina Marmelos de 1889, transformada em um museu. ....	6
Figura 1.5: Fachada Frontal do Centro Cultural Bernardo Mascarenhas, construído em 1888. 6	
Figura 1.6: Vista do porto em Belém após a revitalização. ....	6
Figura 1.7: Vista aérea dos três armazéns da segunda metade do século XIX, na área portuária de Belém. ....	6
Figura 1.8: Vista do "Puerto Madero" em Buenos Aires .....	7
Figura 1.9: Estrutura metálica interna em um dos galpões de "Puerto Madero" em Buenos Aires. ....	7
Figura 1. 10: Vista do Pier 17 em Nova York. ....	7
Figura 1.11: Fábrica de Tecidos Bernardo Mascarenhas em Juiz de Fora .....	11
Figura 1. 12: Vista atual de um dos galpões da Fábrica de Tecidos de Marzagão. ....	12
Figura 1. 13: Registro de 1925 mostra pilares metálicos na Fábrica de Marzagão. ....	12
Figura 1. 14: Vista do alto forno da empresa Magnavacca e Filhos na cidade de Belo Horizonte.....	12
Figura 1. 15: Vista do setor de mecânica da empresa Magnavacca e Filhos na cidade de Belo Horizonte.....	12
Figura 1. 16: Vista do interior da Serraria Souza Pinto. ....	13

### Capítulo 2 - O CASO DA BELGO MINEIRA EM SABARÁ

Figura 2.1: Fundadores da Companhia Siderúrgica Mineira .....	22
Figura 2. 2: Vista Usina de Sabará em 1920 .....	25
Figura 2. 3: Primeira página do Diário da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira.....	26
Figura 2. 4: Inauguração do ramal ferroviário. ....	30
Figura 2. 5: Lançamento Pedra Fundamental Usina Monlevade .....	30
Figura 2. 6: Louis Ensich observa a Usina de Sabará. ....	32
Figura 2. 7: Implantação Usina Siderúrgica Belgo Mineira em Sabará - 28 de out. de 1922....	39



Figura 2. 8: Projeto de distribuição das instalações da Belgo Mineira – planta de 20 de fev. de 1922 .....	40
Figura 2. 9: Detalhe planta – Projeto de distribuição das instalações da Usina Belgo Mineira .....	40
Figura 2. 10: Obras dos primeiros edifícios em 1922. ....	41
Figura 2. 11: Vista da Usina em 1923. ....	41
Figura 2. 12: Vista da Usina na década de 20. ....	42
Figura 2. 13: Oficina Mecânica em 1928 .....	42
Figura 2. 14: Construção do 2º Forno SM – 1927.....	43
Figura 2. 15: Construção do 3º Forno SM – 1931.....	43
Figura 2. 16: Vista interna do Forno SM na lateral da Fundação. ....	44
Figura 2. 17: Vista do segundo alto-forno.....	44
Figura 2. 18: Vista Usina Belgo Mineira transição entre década de 20 e 30.....	44
Figura 2. 19: Vista Usina Belgo Mineira entre a década de 20 e 30 .....	45
Figura 2. 20: Vista Usina Belgo Mineira entre a década de 20 e 30 .....	45
Figura 2. 21: Vista interna da Fundação por volta de 1930 .....	46
Figura 2. 22: Vista interna da Aciaria durante visita de autoridades Forno Siemens Martin 1 .....	46
Figura 2. 23: Vista interna da Oficina Mecânica.....	47
Figura 2. 24: Vista interna da Oficina Mecânica.....	47
Figura 2. 25: Vista interna Laminador por volta de 1930. ....	47
Figura 2. 26: Vista externa do Laminador.....	47
Figura 2. 27: Vista geral da Usina em 1935. ....	48
Figura 2. 28: Vista da Usina provável década 1930.....	48
Figura 2. 29: Vista Usina Belgo Mineira por volta de 1952.....	49
Figura 2. 30: Vista da Oficina Mecânica em visita de médicos à usina em 1955. ....	49
Figura 2. 31: Construção nova fundição e vestiário .....	49
Figura 2. 32: Obras de ampliação da Fundação no final de 1959.....	49
Figura 2. 33: Vista Usina Belgo Mineira na década de 1960.....	50
Figura 2. 34: Vista da área destinada às novas instalações da Usina Belgo Mineira na década de 1960 .....	50
Figura 2. 35: Obra ampliação do hall do forno de aço .....	51

Figura 2. 36: Vista Usina Belgo Mineira em 1971 .....	51
Figura 2. 37: Vista Usina Belgo Mineira em 1980. ....	52
Figura 2. 38: Vista aérea da Usina Belgo Mineira em 1980. ....	52
Figura 2. 39: Vista Usina Belgo Mineira após 1980.....	53
Figura 2. 40: Vista Usina Belgo Mineira década de 90 .....	53
Figura 2. 41: Planta das instalações da antiga Cia. Belgo Mineira em Sabará. ....	54
Figura 2. 42: Fachada frontal - antiga Fundação .....	55
Figura 2. 43: Fachada lateral direita – antiga Fundação .....	55
Figura 2. 44: Fachada lateral esquerda – antiga Fundação e prédio da Modelagem. ....	56
Figura 2. 45: Fachada lateral esquerda – antiga Fundação e prédio da Modelagem. ....	56
Figura 2. 46: Vista de um dos acessos ao segundo pavimento da Fundação.....	57
Figura 2. 47: Vista das aberturas em arco da antiga Fundação. ....	57
Figura 2. 48: Vista interna da antiga Fundação Belgo Mineira Sabará .....	57
Figura 2. 49: Tesouras metálicas remanescentes na porção frontal da Fundação .....	58
Figura 2. 50: Detalhe da tesoura metálica remanescente com lanternin. ....	58
Figura 2. 51: Tesoura metálica – antiga Fundação .....	58
Figura 2. 52: Vista da Fundação a partir do vão da ponte rolante. ....	59
Figura 2. 53: Vista da Fundação a partir do vão da ponte. ....	60
Figura 2. 54: Cobertura vão ponte rolante. ....	60
Figura 2. 55: Detalhe tesouras metálicas – vão ponte rolante.....	60
Figura 2. 56: Ligação tesoura, viga e pilar mais antiga. ....	61
Figura 2. 57: Detalhe ligação mais antiga.....	61
Figura 2. 58: Ligação tesoura, viga e pilar mais nova. ....	61
Figura 2. 59: Detalhe ligação mais nova.....	61
Figura 2. 60: Vista da antiga Oficina Mecânica a partir do vão da ponte rolante.....	62
Figura 2. 61: Pilar 07 – Vão ponte rolante .....	62
Figura 2. 62: Detalhe ligação com solda – Pilar 07. ....	62
Figura 2. 63: Pilar 08 – Vão ponte rolante.....	63
Figura 2. 64: Vista da antiga Oficina Mecânica.....	63
Figura 2. 65: Vista interna da antiga Oficina Mecânica .....	63
Figura 2. 66: Vista interna do galpão a partir da Oficina Mecânica. ....	64

Figura 2. 67: Encontro estrutura dos telhados. ....	65
Figura 2. 68: Estrutura cobertura lateral. ....	65
Figura 2. 69: Estrutura cobertura principal. ....	65
Figura 2. 70: Ligação estrutural. ....	66
Figura 2. 71: Vista interna fachada posterior ....	66
Figura 2. 72: Vista interna fachada posterior ....	66
Figura 2. 73: Vista interna lateral esquerda Oficina Mecânica ....	67
Figura 2. 74: Vista interna lateral direita Oficina Mecânica ....	67
Figura 2. 75: Vista frontal Modelagem ....	68
Figura 2. 76: Fachada lateral esquerda Modelagem ....	68
Figura 2. 77: Vista interna Modelagem ....	68
Figura 2. 78: Vista interna Modelagem. ....	69
Figura 2. 79: Vista interna Modelagem. ....	69
Figura 2. 80: Vista da Modelagem a partir da Fundação. ....	69
Figura 2. 81: Esquadrias da modelagem. ....	69
Figura 2. 82: Vista prédio em concreto construído atrás da Modelagem. ....	70
Figura 2. 83: Vista da fachada posterior do Galpão E. ....	70
Figura 2. 84: Vista do galpão E, em concreto, a partir do vãos da ponte rolante. ....	70
Figura 2. 85: Fachada lateral esquerda do prédio em concreto construído na lateral da Oficina. ....	71
Figura 2. 86: Vista prédio em concreto construído na lateral da Oficina. ....	71
Figura 2. 87: Vista prédio em concreto construído na lateral da Oficina. ....	71
Figura 2. 88: Antiga fachada lateral esquerda da Oficina Mecânica. ....	72
Figura 2. 89: Final da fachada da antiga Oficina Mecânica. ....	72
Figura 2. 90: Vista interna do galpão metálico com cobertura em shed na lateral da Oficina. ....	73
Figura 2. 91: Vista interna do galpão metálico na lateral do vão da ponte rolante. ....	73
Figura 2. 92: Cobertura metálica na lateral do vão da ponte rolante. ....	73
Figura 2. 93: Vista do galpão metálico na lateral da Oficina. ....	73
Figura 2. 94: Corte aa - Instalações da antiga Cia. Belgo Mineira em Sabará. ....	73
Figura 2. 95: Corte bb - Instalações da antiga Cia. Belgo Mineira em Sabará. ....	74

Figura 2. 96: Corte cc - Instalações da antiga Cia. Belgo Mineira em Sabará. ....	74
Figura 2. 97: Corte dd - Instalações da antiga Cia. Belgo Mineira em Sabará. ....	74
Figura 2. 98: Processo de corrosão uniforme – Pilar 01 – Vão Ponte Rolante. ....	76
Figura 2. 99: Processo de corrosão uniforme – Pilar 18 – Oficina Mecânica. ....	76
Figura 2. 100: Início de processo de corrosão uniforme – Pilar 02 – Oficina Mecânica. ....	77
Figura 2. 101: Início de processo de corrosão uniforme – Pilar 05 – Vão ponte rolante. ....	77
Figura 2. 102: Base do Pilar 04 em processo de corrosão avançado – Vão Ponte Rolante. ....	78
Figura 2. 103: Detalhe da base do Pilar 04 em processo de corrosão – Vão Ponte Rolante. ....	78
Figura 2. 104: Cantoneira do Pilar 04 em processo de corrosão – Vão Ponte Rolante. ....	78
Figura 2. 105: Detalhe da cantoneira do Pilar 04 – Vão Ponte Rolante. ....	78
Figura 2. 106: Pilar 06 – Vão Ponte Rolante. ....	79
Figura 2. 107: Pilar 06 – Vão Ponte Rolante. ....	79
Figura 2. 108: Pilar 02 – Vão Ponte Rolante. ....	79
Figura 2. 109: Início de processo de corrosão no Pilar 07 do Vão da Ponte Rolante. ....	80
Figura 2. 110: Vista do Pilar 02 – Oficina. ....	80
Figura 2. 111: Base do pilar 20 da Oficina em processo de corrosão. ....	80
Figura 2. 112: Pilar 11 da Oficina inserido na parede. ....	81
Figura 2. 113: Processo corrosão de corrosão mais avançado no pilar 11 da Oficina Mecânica. ....	81
Figura 2. 114: Cantoneiras do pilar 11 apresentam deformação e fraturas. ....	82
Figura 2. 115: Processo de corrosão do pilar 11 – Oficina. ....	82
Figura 2. 116: Pilar 13 da Oficina em processo de corrosão e cantoneiras deformadas. ....	82
Figura 2. 117: Processo de corrosão do pilar 15 da Oficina. ....	82
Figura 2. 118: Fratura na cantoneira e deformação na barra de ligação - pilar 01 – vão ponte rolante. ....	83
Figura 2. 119: Cortes nas cantoneiras de ligação do pilar 03 - vão ponte rolante. ....	83
Figura 2. 120: Cantoneira do Pilar 02 encontra-se desprendida – Antiga Oficina Mecânica. .	83
Figura 2. 121: Cantoneiras do Pilar 04 fixadas com parafusos – Antiga Oficina Mecânica. ..	83
Figura 2. 122: Pilar 06 da Antiga Oficina Mecânica apresenta ausência de cinco cantoneiras. ....	84
Figura 2. 123: Pilar 08 da Oficina Mecânica recebeu corte em cantoneira para passagem de tubulação. ....	84

Figura 2. 124: Cantoneiras deformadas no Pilar 14 – Antiga Oficina Mecânica.....	84
Figura 2. 125: Cantoneiras apresentam deformação e fratura no Pilar 16 – Antiga Oficina Mecânica.....	84
Figura 2. 126: Cantoneiras deformadas no Pilar 20 da Antiga Oficina Mecânica. ....	85
Figura 2. 127: Registro de cantoneiras deformadas no Pilar 20 da Antiga Oficina Mecânica. ....	85
Figura 2. 128: Furos na alma do Pilar 06 da Antiga Oficina Mecânica. ....	85
Figura 2. 129: Recorte na alma do Pilar 03 do vão da ponte da rolante.....	85
Figura 2. 130: Inscrição “Dudelange” no Pilar 05 – Oficina.....	87
Figura 2. 131: Inscrição “Dudelange” no Pilar 09 – Oficina.....	87
Figura 2. 132: Máquina Policorte para preparo de amostras. ....	89
Figura 2. 133: Debastadeira elétrica. ....	89
Figura 2. 134: Aplicação de lixa manual.....	89
Figura 2. 135: Etapa de polimento de amostras.....	90
Figura 2. 136: Fotomicrografia da Amostra 01 - aço extra doce; Nital 2%; 200x .....	92
Figura 2. 137: Fotomicrografia da Amostra 02 - aço extra doce; Nital 2%; 200x .....	92
Figura 2. 138: Fotomicrografia da Amostra 03 - aço extra doce; Nital 2%; 250x .....	93
Figura 2. 139: Fotomicrografia da Amostra 04 – cabeça do rebite; Nital 2%; 500x.....	93
Figura 2. 140: Fotomicrografia da Amostra 04 – meio do rebite; Nital 2%; 500x .....	93
Figura 2. 141: Fotomicrografia da Amostra 05 - aço médio carbono; Nital 2%; 200x.....	94
Figura 2. 142: Evolução Área Industrial Belgo Mineira, a partir das edificações hoje existentes. ....	96

### **Capítulo 3 - O CASO DA MINA DE MORRO VELHO / NOVA LIMA**

Figura 3. 1: Morro Velho no século XIX .....	102
Figura 3. 2: Área de Redução do minério provavelmente na segunda metade do século XIX. ....	109
Figura 3. 3: Área de Redução do minério provavelmente na segunda metade do século XIX. ....	109
Figura 3. 4: Área de Redução do minério provavelmente na segunda metade do século XIX. ....	110
Figura 3. 5: Surface Plan of Morro Velho Establishment – Showing position of Mine Crush & Botto, of the Mine, 1886. Saint John d’El Rey Mining Co Ltd. ....	111
Figura 3. 6: Vista área da Redução na década de 1910. ....	113

Figura 3. 7: Vista área da Redução na década de 1910.....	113
Figura 3. 8: St. John Del Rey Mining C°. Ld/Plan of the Morro Velho Surface Works. October 10th 1902. Área Industrial, cuja planta foi idealizada por George Chalmers no final do século XIX.....	114
Figura 3. 9: Planta Metalúrgica de Nova Lima em 1927.....	115
Figura 3. 10: Vista interior da área de Redução provavelmente no final da década de 1890.....	116
Figura 3. 11: Área industrial provavelmente na década de 1910.....	116
Figura 3. 12: Sítio Arqueológico na área conhecida como “Praia”. Data: agosto 2005. ....	117
Figura 3. 13: Achados arqueológicos (cadinhos) na área conhecida como “Praia”. Data: agosto 2005.....	117
Figura 3. 14: Vista da antiga Fábrica de Cadinhos em 1903. ....	117
Figura 3. 15: Foto panorâmica parcial da área Industrial provavelmente na década de 1930. ....	118
Figura 3. 16: Projeto original do Prédio da Carpintaria: SHOPS – Projecto do Galpão para as novas Oficinas de Carpintaria, outubro, 1933. St. John Del Rey Mining Co. Ltd, CB 9.4.18 N° 50-3384 SIST. 24371.....	119
Figura 3. 17: Projeto original do Prédio da Casa de Moldes: SHOPS – General Arrangement of Pattern Makers Shop and Loft, November, 1935. St. John Del Rey Mining Co. Ltd, CB 9.4.27 N° 50-3531 SIST. 24518.....	120
Figura 3. 18: Projeto original do Prédio da Fundição de Ferro e Bronze: SHOPS – New Foundry Detail of Steelwork, December – 1936. St. John Del Rey Mining Co. Ltd, CB 9.4.27 N° 50-3533 SIST. 24519.....	121
Figura 3. 19: Planta Metalúrgica de Nova Lima – 1947.....	122
Figura 3. 20: Planta Metalúrgica de Nova Lima – 1971.....	122
Figura 3. 21: Planta Metalúrgica de Nova Lima – 1973.....	123
Figura 3. 22: Planta da Área Industrial em outubro, 1982.....	123
Figura 3. 23: Área de Redução do minério (1886) inserida atualmente na malha urbana de Nova Lima.....	124
Figura 3. 24: Prédios preservados na Área Industrial/AngloGold Ashant, após o Clean-up de 1999. Data: 2006.....	125
Figura 3. 25: Execução do Projeto Clean-up na área de Redução por volta de 2000.....	126
Figura 3. 26: Área após o Projeto Clean-up por volta de 2006.....	126
Figura 3. 27: Foto panorâmica da área industrial por volta de 2005. ....	127
Figura 3. 28: Foto panorâmica da área industrial por volta de 2005. ....	127
Figura 3. 29: Projeto Gold City/AngloGold Ashanti. Data provável: 2006. ....	128
Figura 3. 30: Planta da Oficina Mecânica e Ferraria - Mina de Morro Velho/Nova Lima...	130
Figura 3. 31: Fachada frontal – Oficina Mecânica e Ferraria. ....	130
Figura 3. 32: Vista interna do galpão A1 – Oficina Mecânica e Ferraria. ....	130

Figura 3. 33: Estrutura da cobertura galpão A1 – Oficina Mecânica e Ferraria.....	131
Figura 3. 34: Pilar galpão A1 – Oficina Mecânica e Ferraria.....	131
Figura 3. 35: Detalhe cumeeira galpão A1 – Oficina Mecânica e Ferraria. ....	132
Figura 3. 36: Detalhe ligação pilar e viga galpão A1 – Oficina Mecânica e Ferraria. ....	132
Figura 3. 37: Detalhe pilar em perfis compostos - galpão A1 – Oficina Mecânica e Ferraria. .....	132
Figura 3. 38: Detalhe pilar em perfis compostos - galpão A1 – Oficina Mecânica e Ferraria. .....	132
Figura 3. 39: Detalhe ligação entre os trechos do galpão A1 e A2 – Oficina Mecânica e Ferraria.....	133
Figura 3. 40: Detalhe ligação entre os trechos do galpão A1 e A2 – Oficina Mecânica e Ferraria.....	133
Figura 3. 41: Fechamento frontal em telha corrugada - galpão A1 – Oficina Mecânica e Ferraria.....	133
Figura 3. 42: Estrutura em madeira - galpão A1 – Oficina Mecânica e Ferraria. ....	133
Figura 3. 43: Vista interna - galpão A2 – Oficina Mecânica e Ferraria. ....	134
Figura 3. 44: Ligação estrutura no pilar - galpão A2 – Oficina Mecânica e Ferraria.....	134
Figura 3. 45: Ligação tesoura - galpão A2 – Oficina Mecânica e Ferraria. ....	134
Figura 3. 46: Ligação terça em montante - galpão A2 – Oficina Mecânica e Ferraria. ....	134
Figura 3. 47: Vista interna - galpão B – Oficina Mecânica e Ferraria. ....	135
Figura 3. 48: Encontro galpão A e B – Oficina Mecânica e Ferraria. ....	135
Figura 3. 49: Tesouras planas galpão B – Oficina Mecânica e Ferraria.....	135
Figura 3. 50: Contraventamento pilares galpão B – Oficina Mecânica e Ferraria. ....	135
Figura 3. 51: Vista galpão C – Oficina Mecânica e Ferraria. ....	136
Figura 3. 52: Vista interna galpão C – Oficina Mecânica e Ferraria. ....	136
Figura 3. 53: Estrutura de madeira galpão C – Oficina Mecânica e Ferraria. ....	136
Figura 3. 54: Detalhe base pilar em madeira galpão C – Oficina Mecânica e Ferraria.....	136
Figura 3. 55: Ligação tesoura e estrutura de madeira galpão C – Oficina Mecânica e Ferraria. .....	137
Figura 3. 56: Detalhe lanternin galpão C – Oficina Mecânica e Ferraria.....	137
Figura 3. 57: Vista lateral galpão C – Oficina Mecânica e Ferraria. ....	137
Figura 3. 58: Ligação da tesoura e estrutura de madeira na lateral do galpão C da Oficina Mecânica e Ferraria. ....	137
Figura 3. 59: Vista externa do galpão D – Oficina de montagem. ....	138
Figura 3. 60: Vista interna do galpão D – Oficina de montagem. ....	138

Figura 3. 61: Ligação estrutural do galpão D – Oficina de montagem. ....	138
Figura 3. 62: Ligação estrutural do galpão D – Oficina de montagem. ....	138
Figura 3. 63: Estrutura da cobertura principal galpão D – Oficina de montagem. ....	139
Figura 3. 64: Detalhe lanternin galpão D – Oficina de montagem. ....	139
Figura 3. 65: Ligação estrutural da cobertura lateral galpão D – Oficina de montagem. ....	139
Figura 3. 66: Corte aa - Oficina Mecânica e Ferraria - Mina de Morro Velho/Nova Lima...	139
Figura 3. 67: Corte bb - Oficina Mecânica e Ferraria - Mina de Morro Velho/Nova Lima..	140
Figura 3. 68: Planta localização pilares - Galpão A1 - Oficina Mecânica e Ferraria - Mina de Morro .....	141
Figura 3. 69: Pilar 03 do Galpão A1 da Oficina Mecânica apresenta fratura na chapa que compõe a mesa. ....	142
Figura 3. 70: Corrosão uniforme no Pilar 03 – Galpão A1 Oficina Mecânica. ....	142
Figura 3. 71: Corrosão uniforme – pilar 03 .....	142
Figura 3. 72: Corrosão uniforme em tesoura e pilar 03 – Galpão A1 Oficina Mecânica. ....	142
Figura 3. 73: Corrosão uniforme na mesa do Pilar 02 - Galpão A1 da Oficina Mecânica. ..	143
Figura 3. 74: Base do Pilar 04 apresenta processo de corrosão – Galpão A1 da Oficina Mecânica. ....	143
Figura 3. 75: Estrutura de madeira apoiada no Pilar 04 – Galpão A1 Oficina Mecânica. Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12) .....	143
Figura 3. 76: Deformação Pilar 04 – Galpão A1 Oficina Mecânica. Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12).....	143
Figura 3. 77: Pilar 04 – Galpão A1 Oficina Mecânica.....	144
Figura 3. 78: Pilar 06 – Galpão A1 Oficina Mecânica.....	144
Figura 3. 79: Pilar 06 – Galpão A1 Oficina Mecânica.....	144
Figura 3. 80: Base Pilar 06 – Galpão A1 Oficina Mecânica.Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12).....	144
Figura 3. 81: Processo de corrosão na base do pilar – Galpão B Oficina Mecânica .....	145
Figura 3. 82: Base do pilar em contato com o solo – Galpão B Oficina Mecânica .....	145
Figura 3. 83: Detalhe de fixação do contraventamento – Galpão B Oficina Mecânica.....	145
Figura 3. 84: Contraventamento do Galpão B da Oficina Mecânica .....	145
Figura 3. 85: Problemas de estabilidade estrutural – Galpão B Oficina Mecânica .....	146
Figura 3. 86: Aspecto de corrosão na tesoura e telhas de cobertura - Galpão C Oficina Mecânica. ....	146
Figura 3. 87: Corrosão uniforme nas tesouras tipo vagão – Galpão C Oficina Mecânica.....	146
Figura 3. 88: Processo de corrosão uniforme na estrutura do Galpão D da Oficina Mecânica e Ferraria .....	147
Figura 3. 89: Corrosão uniforme na estrutura do Galpão D da Oficina Mecânica e Ferraria.	147



Figura 3. 90: Corrosão uniforme na tesoura do Galpão D da Oficina Mecânica e Ferraria...	147
Figura 3. 91: Fotomicrografia da Amostra - ferro pudlado; seção longitudinal; Nital 2%; 50x. .....	150
Figura 3. 92: Fotomicrografia Amostra - ferro pudlado; seção longitudinal; Nital 2%; 250x. .....	150
Figura 3. 93: Fotomicrografia da Amostra - ferro pudlado; seção longitudinal; Nital 2%; 400x .....	150
Figura 3. 94: Fotomicrografia da Amostra - ferro pudlado; seção longitudinal; Nital 2%; 400x .....	150
Figura 3. 95: Fotomicrografia da Amostra - ferro pudlado; seção transversal; Nital 2%; 400x .....	151
Figura 3. 96: Fachada lateral esquerda – Fundição Ferro e Bronze. ....	151
Figura 3. 97: Fachada frontal – Fundição Ferro e Bronze.....	151
Figura 3. 98: Fachada lateral esquerda - Fundição Ferro e Bronze.....	152
Figura 3. 99: Fachada Posterior - Fundição Ferro e Bronze.....	152
Figura 3. 100: Treliça plana - Fundição Ferro e Bronze. Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12) .....	153
Figura 3. 101: Pilar e estrutura ponte rolante - Fundição Ferro e Bronze. ....	153
Figura 3. 102: Pilar esquerdo fachada posterior.....	153
Figura 3. 103: Pilar direito fachada posterior.....	153
Figura 3. 104: Ligação pilar e tesoura principal e viga vagão Fundição Ferro e Bronze.....	153
Figura 3. 105: Ligação pilar e tesoura em treliça plana - Fundição Ferro e Bronze. ....	153
Figura 3. 106: Ligação do pilar e estrutura ponte rolante - Fundição Ferro e Bronze. ....	154
Figura 3. 107: Tesoura em treliça plana - Fundição Ferro e Bronze. Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12).....	155
Figura 3. 108: Ligação viga, pilar e tesoura - Fundição Ferro e Bronze. ....	155
Figura 3. 109: Planta Fundição Ferro e Bronze - Mina de Morro Velho/Nova Lima.....	155
Figura 3. 110: Corte aa - Fundição Ferro e Bronze - Mina de Morro Velho/Nova Lima.....	155
Figura 3. 111: Pontos de corrosão na viga de suporte da ponte rolante – Fundição Ferro e Bronze.....	156
Figura 3. 112: Estrutura interna aparentemente em bom estado de conservação – Fundição Ferro e Bronze. ....	156
Figura 3. 113: Processo de corrosão uniforme em pilar direito Fachada Posterior – Fundição Ferro e Bronze. ....	156
Figura 3. 114: Corrosão uniforme em cantoneiras da tesoura treliçada da fachada posterior – Fundição Ferro e Bronze. ....	156

Figura 3. 115: Pilar esquerdo da fachada posterior com corrosão uniforme - Fundição Ferro e Bronze. ....	157
Figura 3. 116: Pilar preenchido com tijolos possibilita acúmulo de umidade e processo de corrosão mais acentuada - Fundição Ferro e Bronze. ....	157
Figura 3. 117: Base pilar da fachada lateral esquerda em bom estado de conservação – Fundição Ferro e Bronze.....	157
Figura 3. 118: Corrosão em chapa de base do pilar de suporte da ponte rolante da fachada posterior – Fundição Ferro e Bronze.....	157
Figura 3. 119: Galpão Boca da Mina. ....	158
Figura 3. 120: Estrutura do galpão principal de cobertura da Boca da Mina. ....	158
Figura 3. 121: Vista da Boca da Mina .....	158
Figura 3. 122: Tesoura treliçada - Boca da Mina.....	159
Figura 3. 123: Tesoura treliçada em madeira do galpão secundário.....	159
Figura 3. 124: Ligação pilar, viga e tesoura - Boca da Mina.....	159
Figura 3. 125: Tesoura da cobertura da Boca da Mina. ....	159
Figura 3. 126: Base do pilar 08 do galpão da Boca da Mina. ....	160
Figura 3. 127: Pilar da cobertura da Boca da Mina. ....	160
Figura 3. 128: Ligação treliça de madeira e pilar metálico Galpão secundário - Boca da Mina. ....	160
Figura 3. 129: Ligação pilar metálico e estrutura ponte rolante - Galpão secundário - Boca da Mina. ....	160
Figura 3. 130: Planta Boca da Mina - Mina de Morro Velho/Nova Lima.....	161
Figura 3. 131: Corte aa Boca da Mina - Mina de Morro Velho/Nova Lima. ....	161
Figura 3. 132: Corrosão avançada na base do pilar do Galpão secundário, Boca da Mina. ..	162
Figura 3. 133: Processo de corrosão na base do pilar - Galpão secundário, Boca da Mina ..	162
Figura 3. 134: Corrosão uniforme em pilar do Galpão secundário, Boca da Mina .....	162
Figura 3. 135: Pilar em processo de corrosão uniforme, de forma mais acentuada na base - Galpão secundário, Boca da Mina .....	162
Figura 3. 136: Pilar - Galpão principal, Boca da Mina .....	163
Figura 3. 137: Pilar - Galpão principal, Boca da Mina .....	163
Figura 3. 138: Pilar - Galpão principal .....	163
Figura 3. 139: Pilar - Galpão principal, Boca da Mina .....	163
Figura 3. 140: Alvenaria inserida na base do Pilar 01 proporciona acúmulo de umidade e sujidade - Galpão principal da Boca da Mina .....	164
Figura 3. 141: Pilar 01 apresenta ruptura de chapa - Galpão principal, Boca da Mina .....	164
Figura 3. 142: Base original do Pilar 08 - Galpão principal, Boca da Mina. ....	164
Figura 3. 143: Detalhe da base Pilar 08 - Galpão principal - Boca da Mina .....	164

Figura 3. 144: Inscrição em Pilar - Galpão secundário, Boca da Mina.....	165
Figura 3. 145: Fachada Almojarifado e antiga Fábrica de cadinhos. ....	166
Figura 3. 146: Vista interna do Galpão B - Almojarifado e antiga Fábrica de cadinhos.....	166
Figura 3. 147: Acréscimo lateral ao galpão B - Almojarifado e antiga Fábrica de cadinhos. ....	166
Figura 3. 148: Vista interna do Galpão A, à direita - Almojarifado e antiga Fábrica de cadinhos.....	167
Figura 3. 149: Vista interna da estrutura do Galpão A - Almojarifado e antiga Fábrica de cadinhos.....	167
Figura 3. 150: Pilares centrais do galpão B Almojarifado.....	167
Figura 3. 151: Topo do pilar central do galpão B Almojarifado. ....	167
Figura 3. 152: Topo do pilar de divisa entre galpões - Almojarifado e Fábrica de cadinhos. ....	168
Figura 3. 153: Base do pilar de divisa entre galpões - Almojarifado e Fábrica de cadinhos.	168
Figura 3. 154: Vista da antiga Fábrica de cadinhos.....	168
Figura 3. 155: Vista lateral Almojarifado e antiga Fábrica de cadinhos. ....	168
Figura 3. 156: Planta Almojarifado/Antiga Fábrica de Cadinho - Mina de Morro Velho/Nova Lima.....	169
Figura 3. 157: Corte aa - Almojarifado/Antiga Fábrica de Cadinho - Mina de Morro Velho/Nova Lima .....	169
Figura 3. 158: Pilares centrais do galpão B - Almojarifado e Antiga Fábrica de Cadinhos..	170
Figura 3. 159: Pilar do galpão B - Almojarifado e Antiga Fábrica de Cadinhos. ....	170
Figura 3. 160: Deformação na mesa do pilar Galpão B - Almojarifado e Antiga Fábrica de Cadinhos. ....	171
Figura 3. 161: Deformação na chapa da mesa do pilar Galpão B - Almojarifado e Antiga Fábrica de Cadinhos. ....	171
Figura 3. 162: Pilar pavimento inferior Almojarifado e Fábrica de cadinhos.....	171
Figura 3. 163: Pilar pavimento inferior Almojarifado e Fábrica de cadinhos. ....	171
Figura 3. 164: Pilar em processo de corrosão no pavimento inferior do Almojarifado e Fábrica de cadinhos. ....	172
Figura 3. 165: Pilar apresenta fratura - pavimento inferior do Almojarifado e Fábrica de cadinhos.....	172
Figura 3. 166: Fachada frontal - Elétrica.....	173
Figura 3. 167: Fachada lateral direita - Elétrica .....	173
Figura 3. 168: Fachada lateral direita vista pela fachada posterior - Elétrica .....	174
Figura 3. 169: Fachada lateral esquerda - Elétrica .....	174

Figura 3. 170: Vista interna do volume principal - Elétrica.....	174
Figura 3. 171: Vista dos pilares da fachada lateral esquerda - Elétrica .....	174
Figura 3. 172: Vista interna do volume lateral - Elétrica.....	175
Figura 3. 173: Vista interna da estrutura - Elétrica .....	175
Figura 3. 174: Fachada lateral esquerda - Elétrica.....	175
Figura 3. 175: Estrutura ponte rolante - Elétrica.....	175
Figura 3. 176: Ligação viga e pilar - Elétrica .....	176
Figura 3. 177: Ligação tesoura e pilar - Elétrica.....	176
Figura 3. 178: Tesoura metálica tipo " Polonceau" - Elétrica.....	176
Figura 3. 179: Detalhe lanternin - Elétrica.....	176
Figura 3. 180: Detalhe ligação tesoura - Elétrica.....	177
Figura 3. 181: Planta Galpão da Elétrica - Mina de Morro Velho/Nova Lima.....	177
Figura 3. 182: Corte aa - Galpão da Elétrica - Mina de Morro Velho/Nova Lima.....	177
Figura 3. 183: Estrutura da Fachada lateral direita apresenta corrosão uniforme - Galpão da Elétrica .....	178
Figura 3. 184: Pilar interno em bom estado de conservação - Galpão da Elétrica .....	178
Figura 3. 185: Base do pilar apresentando material de corrosão - Elétrica .....	178
Figura 3. 186: Corrosão uniforme em pilar da fachada lateral esquerda - Elétrica .....	178
Figura 3. 187: Inscrição "SIEMENS MARTIN" em pilar do galpão da Elétrica .....	179
Figura 3. 188: Inscrição " LANARKSHIRE STEEL " em pilar do galpão da Elétrica.....	179
Figura 3. 189: Inscrição "SCOTLAND" em pilar do galpão da Elétrica.....	179
Figura 3. 190: Fachada lateral esquerda - Modelagem .....	180
Figura 3. 191: Fachada Frontal - Modelagem.....	180
Figura 3. 192: Esquadrias de madeira - Modelagem .....	181
Figura 3. 193: Ventilação do porão alto - Modelagem .....	181
Figura 3. 194: Vista interna primeiro pav. - Modelagem.....	181
Figura 3. 195: Vista interna da estrutura - Modelagem .....	181
Figura 3. 196: Topo pilar eixo central Modelagem .....	182
Figura 3. 197: Base pilar eixo central - Modelagem.....	182
Figura 3. 198: Fixação da chapa corrugada - Modelagem.....	182
Figura 3. 199: Pilar extremidade eixo central da Modelagem .....	182
Figura 3. 200: Base pilar externo - Modelagem.....	183
Figura 3. 201: Topo pilar externo - Modelagem.....	183
Figura 3. 202: Topo pilar extremidade eixo central - Modelagem .....	183
Figura 3. 203: Base pilar extremidade eixo central - Modelagem .....	183

Figura 3. 204: Vista pavimento superior - Modelagem.....	184
Figura 3. 205: Pavimento superior - Modelagem.....	184
Figura 3. 206: Ligação central do banzo inferior da tesoura - Modelagem.....	184
Figura 3. 207: Ligação da tesoura em local da cumeeira- Modelagem.....	184
Figura 3. 208: Ligação pilar tesoura - Modelagem .....	184
Figura 3. 209: Telha francesa de Marselha - Modelagem .....	184
Figura 3. 210: Planta Modelagem - Mina de Morro Velho/Nova Lima.....	185
Figura 3. 211: Corte aa Modelagem - Mina de Morro Velho/Nova Lima. ....	185
Figura 3. 212: Corrosão uniforme e em frestas. ....	186
Figura 3. 213: Base de pilar apresenta início de processo de corrosão. ....	186
Figura 3. 214: Corrosão na base do pilar de extremidade do eixo central - Modelagem.....	186
Figura 3. 215: Vista das primeiras instalações da Oficina Mecânica e Ferraria - Morro Velho, Nova Lima. ....	187
Figura 3. 216: Oficina Mecânica e Ferraria após a década de 1930.....	188
Figura 3. 217: Cobertura da Oficina de montagem .....	188
Figura 3. 218: Vista interna Oficina de Montagem .....	188
Figura 3. 219: Reinauguração da Mina Grande em 1901.....	189
Figura 3. 220: Vista das instalações da Redução e Fábrica de Cadinhos no início do século XX. ....	190
Figura 3. 221: Vista das instalações da antiga Fábrica de Cadinhos no início do século XX. ....	191
Figura 3. 222: Hipótese de evolução do Almoxarifado e antiga Fábrica de Cadinhos. ....	191

#### **Capítulo 4 - O CASO DA FÁBRICA DE TECIDOS DE OURO PRETO**

Figura 4. 1: Fábrica de Tecidos em 1964 .....	193
Figura 4. 2: Estação Itacolomi, na década de 1910. ....	195
Figura 4. 3: Cachoeria do Tombadouro.....	197
Figura 4. 4: Corredor onde se encontrava o eixo das turbinas hidráulicas.....	199
Figura 4. 5: Encaixe e suporte das polias que movimentavam as máquinas. ....	199
Figura 4. 6: Estação Vitorino Dias .....	202
Figura 4. 7: Conjunto residencial ferroviário da Estação Vitorino Dias. ....	202
Figura 4. 8: Vista do conjunto da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto em 2008.....	203
Figura 4. 9: Fachada frontal da construção em concreto armado.....	203
Figura 4. 10: À esquerda galpão 03 metálico mantido.....	203

Figura 4. 11: Vista atual do Conjunto da Fábrica de Tecidos.....	204
Figura 4. 12: Galpões após as demolições em 2011. ....	204
Figura 4. 13: Vista atual da fachada dos antigos galpões. ....	204
Figura 4. 14: Vista interna galpão 02 em fev. de 2011. ....	205
Figura 4. 15: Vista interna galpão 02 em agosto de 2012.....	205
Figura 4. 16: Reforço estrutural sendo executado.....	206
Figura 4. 17: Vista da viga transversal inserida como reforço estrutural. ....	206
Figura 4. 18: Detalhe capitel coluna. ....	206
Figura 4. 19: Estrutura da cobertura galpão 02.....	206
Figura 4. 20: Detalhe apoio da viga - galpão 01. ....	207
Figura 4. 21: Viga unida com chapa parafusada - galpão 01.....	207
Figura 4. 22: Vista interna galpão 01 em 2011. ....	207
Figura 4. 23: Vista interna galpão 01 em 2012.....	207
Figura 4. 24: Vista interna da parte frontal do galpão 01 em 2011.....	207
Figura 4. 25: Vista interna da parte frontal do galpão 01 em 2012.....	207
Figura 4. 26: Vista interna da parte posterior do galpão 01 em 2011. ....	208
Figura 4. 27: Vista interna da parte posterior do galpão 01 em 2012.....	208
Figura 4. 28: Tesouras da cobertura durante recuperação. ....	208
Figura 4. 29: Tesoura da cobertura após recuperação.....	208
Figura 4. 30: Aberturas na cobertura de shed em bascula. ....	209
Figura 4. 31: Acesso corredor entre os galpões. ....	209
Figura 4. 32: Circulação junto à encosta na porção posterior. ....	209
Figura 4. 33: Fachada lateral esquerda.....	210
Figura 4. 34: Fachada lateral direita.....	210
Figura 4. 35: Fachada lateral direita - subsolo.....	210
Figura 4. 36: Fachada lateral direita - subsolo.....	210
Figura 4. 37: Vista da fachada lateral direita em 2011.....	210
Figura 4. 38: Vista da fachada lateral direita em 2012.....	210
Figura 4. 39: Fachada lateral direita em 2011 - subsolo.....	211
Figura 4. 40: Fachada lateral direita em 2012 - subsolo.....	211
Figura 4. 41: Acesso subsolo em fev. de 2011.....	211
Figura 4. 42: Acesso subsolo em agosto de 2012. ....	211
Figura 4. 43: Vista interna do subsolo antes demolição paredes. ....	212
Figura 4. 44: Vista interna subsolo após as demolições e aberturas. ....	212
Figura 4. 45: Vista depósito subsolo.....	212

Figura 4. 46: Viga de borda do subsolo.....	212
Figura 4. 47: Planta da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto.....	213
Figura 4. 48: Corte aa da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto.....	213
Figura 4. 49: Processo de corrosão uniforme na viga laminada e na coluna em ferro fundido. .....	214
Figura 4. 50: Viga em perfil I laminado em processo de corrosão uniforme.....	214
Figura 4. 51: Corrosão em frestas, e/ou por tensão e/ou processo galvânico, no capitel da coluna do pavimento superior. ....	214
Figura 4. 52: Pilar em ferro fundido do pavimento superior apresenta pontos de corrosão em sua superfície. ....	214
Figura 4. 53: Pilar pavimento superior em bom estado de conservação. ....	215
Figura 4. 54: Fratura em base de um pilar do pav. superior. ....	215
Figura 4. 55: Junção vigas desalinhadas.....	215
Figura 4. 56: Junção coluna, viga e laje do subsolo. ....	216
Figura 4. 57: Junção viga de borda e coluna do subsolo. ....	216
Figura 4. 58: Colunas internas do subsolo cobertas por pintura.....	216
Figura 4. 59: Coluna de borda do subsolo coberta por pintura. ....	216
Figura 4. 60: Três colunas receberam base de concreto. ....	217
Figura 4. 61: Embasamento de concreto. ....	217
Figura 4. 62: Corrosão em ponto da superfície. ....	217
Figura 4. 63: Corrosão uniforme na viga de borda, mais acentuada na região dos conectores. .....	217
Figura 4. 64: Coluna em processo de corrosão generalizada. ....	218
Figura 4. 65: Base da coluna em corrosão uniforme. ....	218
Figura 4. 66: Capitel da coluna em processo de corrosão mais acentuado em frestas, bordas e conectores. ....	218
Figura 4. 67: Capitel da coluna em processo de corrosão em 2011. ....	218
Figura 4. 68: Coluna em processo de corrosão com perda de massa. ....	219
Figura 4. 69: Capitel em processo de corrosão em frestas, por tensão e/ou por processo galvânico.....	219
Figura 4. 70: Laje em abobadilha no subsolo.....	219
Figura 4. 71: Laje corredor que separa a construção da encosta. ....	219
Figura 4. 72: Aspecto da superfície granulada do ferro fundido. ....	220
Figura 4. 73: Fotomicrografia ferro fundido cinzento; Sem ataque; 400x .....	222
Figura 4. 74: Fotomicrografia ferro fundido cinzento; Sem ataque; 800x .....	222

Figura 4. 75: Fotomicrografia ferro fundido cinzento; Ataque nital 2%; 400x .....	222
Figura 4. 76: Fotomicrografia ferro fundido cinzento; Ataque nital 2%; 800x .....	222
Figura 4. 77: Quadro evolutivo da ocupação da Fábrica Tecidos de Ouro Preto .....	223
Figura 4. 78: Planta esquemática da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto.....	224

## **Capítulo 5 - ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS**

Figura 5. 1: Ponte de Coalbrookdale.....	227
Figura 5. 2: Planta e Corte da Fábrica de Fiação em Ditherington, Shrewsbury, Inglaterra, 1796/1797.....	229
Figura 5. 3: Vista interna da Fábrica de Fiação em Ditherington, Shrewsbury, Inglaterra, 1796/1797.....	229
Figura 5. 4: Salford Twist Mill, 1801. ....	229
Figura 5. 5: Salford Twist Mill, 1801. ....	229
Figura 5. 6: Estrutura da Fábrica Philips & Lee, em Salford, Manchester, 1801. ....	229
Figura 5. 7: Planta e Seção longitudinal Fábrica Philips & Lee, em Salford, Manchester, 1801. ....	229
Figura 5. 8: Construção do primeiro mercado da cidade de Lourenço Marques, 1890. ....	235
Figura 5. 9: Pilgrim's Rest – África do Sul.....	235
Figura 5. 10: Seção transversal de um estrutura com lanternin - Mercado de peixe de Hungerford - Londres, 1835.....	241
Figura 5. 11: Seção transversal da estrutura do Mercado da Madalena - Paris, 1824. ....	241
Figura 5. 12: Corte Oficina Mecânica - Belgo Mineira .....	242
Figura 5. 13: Foto interna Oficina - Belgo Mineira .....	242
Figura 5. 14: Corte Fundição - Belgo Mineira.....	242
Figura 5. 15: Foto interna Fundição - Belgo Mineira .....	242
Figura 5. 16: Corte Galpão Elétrica - Morro Velho.....	243
Figura 5. 17: Foto interna Elétrica - Morro Velho.....	243
Figura 5. 18: Oficina de Montagem - Morro Velho.....	243
Figura 5. 19: Foto Oficina de Montagem - Morro Velho década de 1910. ....	243
Figura 5. 20: Estrutura híbrida em madeira e metal na Oficina Mecânica - Belgo Mineira..	246
Figura 5. 21: Estrutura híbrida em madeira e metal no Galpão C da Mecânica - Morro Velho .....	246
Figura 5. 22: Oficinas do Conde de Santa Marinha em Belo Horizonte. ....	247



Figura 5. 23: Companhia Industrial de Belo Horizonte.....	247
Figura 5. 24: Interior da Companhia Industrial de Belo Horizonte.....	247
Figura 5. 25: Companhia Fiação e Tecelagem de Cataguases - 1906.....	248
Figura 5. 26: Serraria Souza Pinto no início do século XX.....	249
Figura 5. 27: Vista interna Serraria Souza Pinto. ....	249
Figura 5. 28: Volume da Fundação provável década de 1930. ....	250
Figura 5. 29: Volume da Fundação no final da década de 1920. ....	250
Figura 5. 30: Fundação na década de 1930 .....	250
Figura 5. 31: Detalhe das aberturas em arco da fachada lateral direita da Fundação. ....	251
Figura 5. 32: Detalhe das aberturas em arco da fachada lateral esquerda da Fundação. ....	251
Figura 5. 33: Basílica de S. Paulo-Fora-dos-Muros, em Roma, construída em 380D.C.....	251
Figura 5. 34: Oficina Mecânica da Cia Belgo Mineira em 1928.....	252
Figura 5. 35: Vista interna da Oficina Mecânica da Cia Belgo Mineira. ....	252
Figura 5. 36: Vista interna da parte posterior da Oficina Mecânica da Cia Belgo Mineira. ..	252
Figura 5. 37: Vista interna da Fachada lateral .....	252
Figura 5. 38: Laminador Belgo Mineira.....	253
Figura 5. 39: Serraria Souza Pinto.....	253
Figura 5. 40: Magnavacca - 1908 .....	253
Figura 5. 41: Vista da estrutura metálica treliçada do Vão da ponte rolante e.....	253
Figura 5. 42: Vista Fachada lateral esquerda da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto. ....	254
Figura 5. 43: Vista Fachada lateral direita da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto. ....	254
Figura 5. 44: Companhia de Fiação e Tecidos de São Carlos .....	255
Figura 5. 45: Companhia de Fiação e Tecidos de São Carlos .....	255
Figura 5. 46: Fábrica Santanense – Itaúna /MG (1920) .....	255
Figura 5. 47: Vista externa da Fábrica de Fiação e Tecidos Progresso da Fronteira Uruguaiana - 1916.....	255
Figura 5. 48: Companhia Mageense de Tecidos - Magé/RJ.....	256
Figura 5. 49: Companhia Fiação e Tecelagem Bezerra de Mello - Magé/RJ.....	256
Figura 5. 50: Galpão UFMG – Rua Guaicurus- Centro, Belo Horizonte.....	256
Figura 5. 51: Corte de um galpão de tecelagem em Saltaire, Inglaterra. (1854).....	256

Figura 5. 52: Fábrica Santa Bárbara - Augusto de Lima/MG.....	257
Figura 5. 53: Setor de fiação da Industrial Mineira em Juiz de Fora/MG. Início século XX.	258
Figura 5. 54: Estrutura interna da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto.....	258
Figura 5. 55: Vista interna da Fábrica de Fiação e Tecidos Progresso da Fronteira Uruguaiana 1916.....	258
Figura 5. 56: Companhia D. Isabel em Petrópolis/RJ.....	259
Figura 5. 57: Fábrica de Fiação e Tecidos Mageense/RJ.....	259
Figura 5. 58: Fábrica do Alto da Serra da Companhia de Fiação e Tecidos Cometa/RJ.....	259
Figura 5. 59: Laje em abobadilha na Fábrica de Tecidos de Ouro Preto.....	260
Figura 5. 60: Tipo de estruturas e construções em aço da empresa Armstrong & Main, Ltd.	261
Figura 5. 61: Construções típicas erguidas na África do Sul para indústrias de mineração de ouro. ....	261
Figura 5. 62: Fotografia panorâmica da área industrial por volta de 2005. ....	262
Figura 5. 63: Fotografia panorâmica da área industrial por volta de 2005. ....	262
Figura 5. 64: Catálogo de modelo de edifício de ferro para várias finalidades. ....	263
Figura 5. 65: Prédio da Modelagem - Mina de Morro Velho, Nova Lima. ....	263
Figura 5. 66: Modelo Tesoura Mecânica Galpão A1, Boca da Mina e Almoxarifado. ....	263
Figura 5. 67: Oficina Trajano de Medeiros.....	263
Figura 5. 68: Tesoura do galpão da Fundição.....	264
Figura 5. 69: Pavilhão da Exposição Preparatória de 1909 em Turim. ....	264
Figura 5. 70: Modelo de viga vagão na Ponte Thomas Motley. ....	264
Figura 5. 71: Viga vagão em ala lateral do galpão C da Mecânica - Mina de Morro Velho.	264
Figura 5. 72: Modelo tesoura para estaleiro naval em Devonport. ....	265
Figura 5. 73: Tesoura prédio da Modelagem - Mina de Morro Velho.....	265

## **Capítulo 6 - PROPOSIÇÕES**

Figura 6. 1: Base do pilar metálico durante as obras.....	282
Figura 6. 2: Base do pilar da Serraria Souza Pinto/BH, registro feito em 2011. ....	282
Figura 6. 3: Vista aérea da empresa ArcelorMittal Sabará.....	297
Figura 6. 4: Vista da Companhia Belgo Mineira na década de 1990.....	298
Figura 6. 5: Fachada lateral esquerda - antigas instalações da Companhia Belgo Mineira - junho de 2012.....	299
Figura 6. 6: Vista das antigas instalações da Companhia Belgo Mineira na década de 1920	299

Figura 6. 7: Planta das demolições propostas para requalificação do espaço. ....	299
Figura 6. 8: Vista da fachada lateral esquerda, na ordem da esquerda para direita, Oficina, Vão ponte rolante, Modelagem e logo atrás a Fundação - Estudo de intervenção. ....	300
Figura 6. 9: Vista da fachada lateral direita, na ordem da esquerda para direita, Fundação, Vão ponte rolante e Oficina - Estudo de intervenção. ....	300
Figura 6. 10: Planta original do projeto da Fundação. ....	301
Figura 6. 11: Planta do Estudo de Intervenção - antigas instalações da Cia.Belgo Mineira em Sabará. ....	301
Figura 6. 12: Cortes AA e BB - Estudo de Intervenção. ....	303
Figura 6. 13: Vista da área destinada ao Memorial da Siderurgia, cuja escada e passarela fazem analogia à antiga Fundação e Aciaria. ....	303
Figura 6. 14: Vista interna da antiga Fundação e Aciaria durante visita de autoridades. ....	303
Figura 6. 15: Vista da antiga Modelagem (restaurante) e ....	304
Figura 6. 16: Vista lateral direita, antiga Fundação no primeiro plano, vão ponte rolante ....	304
Figura 6. 17: Vista da Praça de Acesso (vão da ponte rolante) ....	305
Figura 6. 18: Vista interna do Espaço de Eventos (antiga Oficina). ....	306
Figura 6. 19: Vista interna do Foyer de Convenções (antiga Fundação) ....	306
Figura 6. 20: Vista interna do restaurante (antiga Modelagem). ....	307

## APÊNDICES

Figura A. 1: Influência do teor de carbono sobre as propriedades do aço resfriado lentamente ....	346
Figura A. 2: Formas de corrosão ....	355
Figura A. 3: Formas de como a corrosão pode se apresentar ....	356
Figura A. 4: Formas comuns de corrosão. ....	356
Figura A. 5: Quadro representativo da série galvânica de metais ....	362
Figura A. 6: Problemas e soluções de detalhes construtivos. ....	372
Figura A. 7: Outros exemplos de problemas e soluções de detalhes construtivos. ....	372

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 2 - O CASO DA BELGO MINEIRA EM SABARÁ

Tabela 2. 1- Composição química (% em massa) das amostras coletadas em estruturas da antiga Cia Belgo Mineira em Sabará. .... 91

### Capítulo 3 - O CASO DA MINA DE MORRO VELHO / NOVA LIMA

Tabela 3. 1- Composição química (% em massa) da amostra coletada em estruturas do Galpão A1, Oficina Mecânica e Ferraria, na Mina de Morro Velho em Nova Lima. .... 149

### Capítulo 4 - O CASO DA FÁBRICA DE TECIDOS DE OURO PRETO

Tabela 4. 1 - Composição química (% em massa) da amostra coletada em estruturas do Galpão 02 da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto. .... 221

### Capítulo 5 - ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Tabela 5. 1: Quadro comparativo tesouras..... 239

Tabela 5. 2: Quadro comparativo das estruturas - Pilares e Vigas ..... 244

Tabela 5. 3: Quadro comparativo das propriedades dos materiais ..... 267

Tabela 5. 4: Quadro resumo das principais patologias encontradas ..... 269

### Capítulo 6 - PROPOSIÇÕES

Tabela 6. 1: Indicação de Métodos de Tratamento e Medidas Preventivas ..... 284

Tabela 6. 2: Detalhes construtivos - Medidas Preventivas ..... 295

### APÊNDICES

Tabela A. 1: Propriedades mecânicas dos microconstituintes dos aços (Fonte: CHIAVERINE, 2008) ..... 346

### 1.1 – Descrição do problema e Justificativa

O reconhecimento do Patrimônio Industrial enquanto Patrimônio Cultural é uma temática extremamente nova e surgiu a partir de uma mudança de pensamento que passou a considerar importante preservar testemunhos significativos da história, registros de técnicas construtivas de grandes valores. Segundo Kühn (1998), este movimento, chamado “arqueologia industrial”, teve início na Inglaterra na década de 1950 e envolve levantamento, estudo e preservação desses bens.

“(…) arqueologia industrial é um campo de estudo relacionado com a pesquisa, levantamento, registro e, em alguns casos, com a preservação de monumentos industriais. Almeja, além do mais, alcançar a significância desses monumentos no contexto da história social e da técnica. Para os fins dessa definição, um ‘monumento industrial’ é qualquer relíquia de uma fase obsoleta de uma indústria ou sistema de transporte (...)” (Angus Buchanan<sup>1</sup> apud Kühn, 1998)

A partir daí, muitas foram as discussões para se definir o que pode ser considerado Patrimônio Industrial e como preservá-los. Muitas foram as definições e críticas a respeito do termo “arqueologia industrial”. Além disso, não é possível delimitar cronologicamente o período, por se tratar de um fenômeno que se desenvolveu em épocas diversas em cada país ou região.

"Parte relevante do legado da industrialização é patrimônio cultural e seu tratamento envolve um conjunto complexo de problemas. Um deles, por exemplo, decorre das vastas áreas que em geral ocupam os conjuntos industriais, e faz com que sua preservação assuma papel estratégico e esteja ligado de forma indissolúvel com a escala urbana e, muitas vezes, também territorial. Ademais, com frequência, esses complexos estão em zonas centrais de várias cidades e sobre eles incide considerável pressão da especulação imobiliária, fator que deve ser equilibrado com cura. Primordiais são as questões relacionadas com a história – da arquitetura, do urbanismo, da economia, da engenharia, da técnica, do trabalho etc. -, e as discussões vinculadas à antropologia, à geografia e à sociologia. O valor afetivo e simbólico associada a determinadas atividades produtivas e ao trabalho, a vinculação de variadas comunidades com seu passado industrial e o potencial

---

<sup>1</sup> R. Angus Buchanan, *Industrial Archaeology in Britain*, Harmondsworth, Penguin, 1972, pp. 20-21, apud Kühn, 1998.

político e econômico das transformações, possuem grande relevância e devem ser devidamente examinados e ponderados." (KÜHL, 2008, p.22)

O patrimônio industrial aludido na citação acima representa o testemunho das atividades econômicas implantadas durante o período de industrialização no Brasil. Este legado ultrapassa as questões estéticas e possui valor histórico, social, científico, tecnológico e arquitetônico, devendo ser considerado patrimônio cultural. Dentro deste contexto, enquadra-se não apenas a arquitetura produzida com materiais industrializados, mas também a arquitetura para fins industriais.

Entretanto, grande parte destes testemunhos como: galpões de fábricas, oficinas, maquinarias, minas, instalações para mineração e refinamento, complexos ferroviários, oficinas, armazéns, centro de produção e transmissão de energia, entre tantos outros, apresentam estruturas abandonadas após desativação das atividades e em grande parte demolidas, por falta de reconhecimento de sua representatividade como patrimônio da industrialização no Brasil.

O patrimônio industrial deve ser considerado parte integrante do conjunto de bens culturais de interesse de preservação, porém envolvem questões complexas, na maioria das vezes de escala urbana, por se tratar de grandes estruturas hoje obsoletas, em geral conjuntos industriais, concentrados nas áreas centrais das cidades e que sofrem constantes especulações imobiliárias.

“Por preservação, por sua vez, entendem-se todos os esforços e procedimentos necessários para garantir a um monumento histórico, o tanto quanto possível, a sua perenidade e transmissão para o futuro.” (KÜHL, 1998)

Por outro lado, estas questões são favoráveis às propostas de restauração, conservação e, por conseguinte, requalificação e reabilitação do espaço, por possuir potencial para diversas ocupações e programas, como por exemplo, instalação de equipamentos culturais, por se tratar de grandes áreas cobertas e privilegiada localização.

A arquitetura industrial é parte integrante da memória coletiva, traduzindo-se em expressão material de uma determinada época. A perda do patrimônio industrial constitui-se em prejuízo não apenas material, mas interfere no imaginário e na história de toda uma população, pois representa o testemunho de atividades econômicas e do desenvolvimento das cidades, com consequências que repercutiram na história de todo país.

Este trabalho busca a salvaguarda destes bens culturais, de forma a estabelecer meios de preservação de suas estruturas metálicas, para que uma fábrica desativada, ou em desativação, possa incorporar novos usos, garantindo a sua permanência e a transmissão deste legado às futuras gerações.

“Os estudos sobre patrimônio industrial alcançaram, no mundo contemporâneo, uma relevância e importância histórica e social inquestionável. A análise dos vestígios materiais da Revolução Industrial – fábricas, manufaturas, habitações operárias, canais fluviais, pontes, diques, aquedutos, estradas e estações ferroviárias, viadutos, bem como toda a espécie de máquinas e ferramentas – passou a fazer parte da constituição da memória e da identidade das populações urbanas.”  
(MENEGUELLO; RUBINO, 2004, p. 1)

É inegável a importância da preservação do legado da industrialização, sendo enfatizadas neste trabalho as estruturas metálicas empregadas no início do período de industrialização em Minas Gerais. A mobilização, no Brasil, pelo reconhecimento desses bens como patrimônio arquitetônico e cultural é recente, havendo uma carência na divulgação e conhecimento acerca do assunto, além de poucos profissionais que, a partir de critérios de restauração, desenvolvam procedimentos de recuperação e conservação destas estruturas, o que justifica a escolha do tema e o qualifica como de grande interesse e pertinência.

“Os estudos históricos sobre a arquitetura do ferro e a reflexão sobre sua preservação são ainda muito restritos, e há muito a ser investigado e debatido.”  
(KÜHL, 1998, p.9)

No Brasil, ao contrário do quadro que se estabeleceu na Europa na década de 1930, os movimentos preservacionistas foram liderados pelos modernistas, que em busca de uma identidade nacional, reconhecem nos monumentos coloniais uma arte peculiar e brasileira, desconsiderando qualquer outra corrente posterior de influência europeia. Em termos de preservação pode-se dizer que muito se precisa evoluir nas reflexões, procedimentos e normativas. Ainda hoje é considerado o Decreto-Lei nº 25 de 1937, baseado na proposta de Mário de Andrade, revista por Rodrigo Melo Franco de Andrade e os órgãos de preservação dizem considerar como parâmetros e critérios as cartas patrimoniais internacionais. A Constituição de 1988 evoluiu em sua abrangência, reconhecendo valores como identidade, ação e memória e o Patrimônio Cultural Brasileiro passa a ser vinculado não somente aos bens tombados, mas reconhecido por sua importância histórica e/ou cultural. Entretanto, o

país necessita de cartas nacionais que mediante reflexões, regulamente as ações preservacionistas.

Outra questão que merece ser pontuada é a aversão dos modernistas pelos “estilos importados”, que durante anos desconsideraram a manifestação do Estilo Eclético que se instaurou no país em finais do século XIX e início do século XX, recorte estabelecido para a pesquisa. Portanto, além de ser recente o reconhecimento do Patrimônio Industrial como de interesse de preservação, muitos exemplares industriais que se “enveloparam pelo gosto historicista” também foram demolidos por serem considerados de “mau gosto para a época”.

As estruturas metálicas introduzidas no início do período de industrialização no Brasil, geralmente importadas, se constituem testemunhos dos avanços científicos e técnicos, registro de um modo de construção não mais empregado. A arquitetura do ferro materializa o processo de industrialização embora as publicações sobre este tema ainda sejam escassas. Faltam registros, catalogação dos bens ainda existentes e discussões de por que e como preservá-los. Outra questão é a aplicação de diretrizes e critérios para promover a sua conservação e restauração. Kühl (1998) destaca a racionalidade da estrutura metálica, traduzida pela clareza e elegância, que se revela como um *diagrama de forças*. Essa é talvez a característica construtiva mais marcante e peculiar, que torna esse sistema construtivo especial e digno de preservação. A autora também ressalta que a preservação da função portante destas edificações é fator prioritário já que a forma arquitetônica está diretamente relacionada à estrutura.

A preservação dessas estruturas se justifica pela importância histórica, por constituírem parte integrante de um ciclo econômico e por se tratar de métodos construtivos representativos da evolução construtiva do ferro, em grande parte não mais executados. Trata-se de documentos “vivos”, de estruturas e modelos importados, que marcaram as primeiras construções industrializadas a compor o cenário brasileiro que ainda possuía uma siderurgia elementar.

Ainda assim, no Brasil, em especial no estado de Minas Gerais, o patrimônio industrial está se perdendo e muitos dos grandes complexos industriais já foram demolidos. É urgente a necessidade de movimento para salvar estes exemplares que ainda restam, para que a história da arquitetura do ferro possa ser mantida e transmitida às próximas gerações. Sem dúvida esta ação deve partir também das Universidades, com publicações a respeito do tema, a fim de aumentar a catalogação desses equipamentos e desenvolver os melhores procedimentos para



recuperação destas estruturas, a fim de possibilitar que estas sejam reutilizadas como novas instalações que condicionem a sua permanência.

Muitas destas edificações estão abandonadas e em estado precário, sofrendo especulação imobiliária pois, em geral, ocupam grandes áreas nos centros das cidades. Esse é o caso da empresa Lafersa em Contagem (figuras 1.1 e 1.2), que produzia ferro gusa e encontra-se hoje abandonada. Essas grandes estruturas recuperadas podem receber importantes equipamentos, além de transmitir às próximas gerações a história e memória do desenvolvimento econômico e social da comunidade, do estado e do país. E, nesta perspectiva, vale ressaltar a importância desses complexos que condicionaram a transformação dos processos de ocupação nas cidades.



**Figura 1.1: Registros das instalações da Fábrica Lafersa em Contagem.**

Fonte: Acervo pessoal (22/03/2011)



**Figura 1.2: Instalações da empresa Lafersa, em Contagem.**

Fonte: Acervo pessoal (22/03/2011)

A tendência à preservação destes complexos, já bem desenvolvidos e realizados no exterior, começa a tomar vulto no Brasil e já podemos encontrar alguns exemplos de projetos bem sucedidos, onde edificações industriais receberam novos usos e tornaram-se equipamentos úteis e apropriados pela sociedade.

Como exemplos a Antiga Serraria Souza Pinto em Belo Horizonte, figura 1.3, restaurada para abrigar atividades culturais; o Museu Marmelo Zero, instalado em uma usina hidrelétrica na cidade de Juiz de Fora, figura 1.4; o Centro Cultural Bernardo Mascarenhas, instalado na Companhia Têxtil Bernardo Mascarenhas em Juiz de Fora, figura 1.5 e a Estação das Docas, figuras 1.6 e 1.7, nome conferido aos três armazéns revitalizados na área portuária de Belém, hoje destinados a restaurantes e atividades culturais.



a) Fachada Frontal da antiga Serraria Souza Pinto, construída por volta de 1913.



b) Vista interna da Serraria Souza Pinto após as obras de restauração.

**Figura 1. 3: Registros da Serraria Souza Pinto**  
**Fonte: Acervo IEPHA (1997)**



**Figura 1.4: Vista Usina Marmelos de 1889, transformada em um museu.**  
**Fonte: PREFEITURA de Juiz de Fora.**



**Figura 1.5: Fachada Frontal do Centro Cultural Bernardo Mascarenhas, construído em 1888.**  
**Fonte: BUREAU Convention & Visitors. Juiz de Fora e região (2007).**



**Figura 1.6: Vista do porto em Belém após a revitalização.**  
**Fonte: FLICKR (2010).**



**Figura 1.7: Vista aérea dos três armazéns da segunda metade do século XIX, na área portuária de Belém.**  
**Fonte: Portal 2014 (2009).**

Em diversos países do mundo, muitos são os exemplos de projetos de revitalização em áreas industriais, como Puerto Madero, figuras 1.8 e 1.9, que, após a decadência das atividades portuárias, tornaram-se restaurantes na cidade de Buenos Aires e o Pier 17 em Nova York, figura 1.10. Não há dúvida que a ocupação de um edifício é a melhor forma de garantir a sua preservação.



**Figura 1.8: Vista do "Puerto Madero" em Buenos Aires**

Fonte: Acervo pessoal.



**Figura 1.9: Estrutura metálica interna em um dos galpões de "Puerto Madero" em Buenos Aires.**

Fonte: Acervo pessoal.



**Figura 1. 10: Vista do Pier 17 em Nova York.**

Fonte: <http://www.museumplanet.com/tour.php/nyc/am/58>

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 – Objetivo Geral

- Identificar e analisar exemplares de estruturas metálicas empregadas em complexos industriais, no final do século XIX e primeira metade do século XX, caracterizar as suas especificidades e valores a fim de justificar a sua preservação, estabelecendo conceitos teóricos e técnicos na busca de sua conservação;

### 1.2.2 – Objetivos Específicos

- Apresentar as estruturas de maior relevância por amostragem, identificando o caráter inovador e suas características formais e técnicas e aprofundar o estudo, através da metodologia estabelecida;

- Contextualizar e situar a edificação no panorama social e econômico no qual foi implantada de forma a justificar a sua importância histórica;

- Coletar dados históricos e estéticos que justifiquem a preservação dessas estruturas;

- Identificar e caracterizar o material, analisar o sistema construtivo empregado e estabelecer quadros comparativos, de forma a identificar a fase de sua produção na História da Arquitetura do Ferro;
- Pesquisar a História da Teoria da Preservação e estudar os critérios e normas de preservação existentes, de modo a embasar o trabalho em critérios coerentes de uma política de preservação;
- Diagnosticar os principais problemas relativos às patologias e causas de degradação e avaliar de forma preliminar as medidas de preservação mais adequadas;
- Indicar métodos de tratamento e medidas preventivas, ou mesmo consolidação e/ou reforço estrutural;
- Justificar a preservação de sua tipologia construtiva, buscando conservar sua forma peculiar e técnica construtiva, de forma a manter em especial a sua função estrutural;
- Apresentar estudo de ocupação, como experimentação das possibilidades de ocupação de um dos espaços pesquisados;

### **1.3 – Definição dos Objetos de Estudo**

O trabalho foi desenvolvido a partir de objetos escolhidos de forma qualitativa, por amostragem, considerando-se que o foco principal da pesquisa é o estudo das estruturas metálicas em edificações industriais, implantadas no Estado de Minas Gerais no final do século XIX e primeira metade do século XX. Desde o início foi descartada a possibilidade de restringir a pesquisa a um tipo de indústria.

O primeiro desafio foi definir qual seria a área de estudo, tendo em vista a abrangência do tema, as especificidades de cada região e a dimensão do território de Minas Gerais. Partiu-se de uma breve pesquisa sobre a História Econômica do Estado.

A industrialização mineira remonta ao século XIX e estava concentrada inicialmente na região central, podendo-se destacar as atividades de exploração aurífera subterrânea, a siderurgia e a indústria têxtil. Os processos eram rudimentares, com exceção à atividade de mineração que recebeu incentivo de capital inglês (LIBBY, 1988).

Segundo Paula (2001), em se tratando da exploração aurífera subterrânea, os investimentos estrangeiros trouxeram tecnologia de ponta e sistema administrativo. Entretanto o desempenho produtivo não foi satisfatório, devido à dispersão de capital, alto custo de operação e esgotamento das minas. Soma-se a isso o alto custo de aluguel de escravos. Ainda segundo o autor, o alto preço dos produtos de ferro importados, o isolamento da província e os avanços da mineração levaram ao estabelecimento das primeiras fundições de ferro. Após a queda do Império, as pequenas fundições desapareceram e o Estado precisou esperar mais de três décadas para rever seu potencial siderúrgico.

De acordo com Oliveira (1993), na primeira metade do século XIX a produção têxtil concentrava-se na produção doméstica. O início de 1870 foi marcado pelo estímulo ao desenvolvimento industrial devido a expansão monetária da Guerra do Paraguai e aumento de tarifas de importação, o que ocasionou investimento no setor têxtil. As fábricas de tecidos eram de pequeno porte e em grande parte concentravam-se na região central da província. Ao contrário da siderurgia, tinha como mão de obra o trabalho livre.

Paula (2001) destaca que estes três ramos da indústria, baseados em regime escravista, seja como mão de obra no caso da siderurgia e mineração, ou mercado consumidor no caso da indústria têxtil, entram em processo de decadência no final do séc. XIX, com a expansão do sistema ferroviário e a abolição da escravidão.

Cabe destacar, que a evolução econômica do Estado de Minas Gerais não ocorre de forma homogênea, mas de modo desarticulado e descontínuo. Após a decadência do processo de mineração aurífera, formou-se uma sociedade socioeconômica diversificada. Minas desenvolve propriamente dois tipos de atividade econômica durante o século XIX: primeiramente a atividade mercantil de gênero alimentício e a partir da segunda metade do século XIX a cafeicultura, iniciada na Zona da Mata. Há naturalmente uma migração da população para o sul do Estado, que se torna o centro econômico da região (PAULA, 2001).

Inicialmente a região se desenvolve nas áreas limítrofes ao Rio de Janeiro, polo receptor da produção no país. A implantação da Rodovia União e Indústria, em 1861, contribui significativamente para desenvolvimento da economia desta região, e a cidade de Juiz de Fora passa a ser o centro armazenador de café. Com os avanços do sistema ferroviário a partir de 1870, a cafeicultura começa a se expandir para a região norte. A partir de 1890, o acúmulo de capital, proveniente da economia cafeeira, estimulou a diversificação industrial na Zona da

Mata, em especial na cidade de Juiz de Fora, que se caracterizou como importante centro dinâmico da economia mineira, da segunda metade do século XIX até 1930. Com o processo de integração do mercado nacional e a maior importância de grandes polos da economia brasileira, como a cidade de São Paulo, a cidade de Juiz de Fora entra em processo de estagnação e decadência. Neste período ocorre no Estado Mineiro uma mudança do centro econômico da Zona da Mata, no sul do Estado, para a Zona Metalúrgica, que se formou próxima à Belo Horizonte, região central (PAULA, 2001).

Outro fator de relevância na história de Minas Gerais foi a mudança da capital, de Ouro Preto para Belo Horizonte. Grupos influentes ligados à cafeicultura da Zona da Mata lutavam para receber a nova capital, movimento contrário ao que se pretendia na região mineradora, neste momento em processo de estagnação e decadência. O impasse foi solucionado pelo Presidente Affonso Penna, que decidiu pela transferência da capital para a região denominada Curral Del Rei, atual Belo Horizonte. A concepção inicial, a cargo do engenheiro maranhense Aarão Reis, fundamentava-se em ideais positivistas, baseada em modelo da teoria urbanística moderna (FIEMG, 1998). Em 17 de dezembro de 1893 foi deliberada a mudança da capital, para o local denominado Curral Del Rei, que deveria ocorrer no prazo máximo de quatro anos. A instalação da nova capital ocorreu oficialmente no dia 12 de dezembro de 1897, através do Decreto 1085 (SILVEIRA, 1926).

Sendo assim, a pesquisa partiu de duas cidades, Juiz de Fora e Belo Horizonte por motivos óbvios, ou seja, pela importância histórica e econômica no Estado de Minas Gerais no recorte temporal estabelecido. Juiz de Fora, por ter sido pólo econômico do Estado e importante centro comercial e industrial nas últimas décadas do século XIX até 1930 e a cidade de Belo Horizonte, criada em 1897, no então Curral del Rei, para ser a nova Capital de Minas Gerais.

A partir de uma pesquisa geral em arquivos do IEPHA e Centro de Memória da FIEMG, optou-se por desenvolver o trabalho por amostragem das estruturas encontradas, dentro do recorte temporal estabelecido. Em busca de literatura que conduzisse a pesquisa, o livro “Minas Gerais em 1925”, fruto de uma publicação do Estado, organizado por Victor Silveira durante o governo do Dr. Fernando de Mello Vianna, foi de grande valia para um conhecimento geral e consequente definição da amostragem. Isso porque discorre sobre o desenvolvimento da siderurgia no estado e relaciona, em cada cidade de Minas, os estabelecimentos industriais que se destacaram neste período. Foi possível verificar também a

importância da indústria têxtil para a economia do Estado, sendo possível identificar inúmeros estabelecimentos fabris em todo o território.

Na região da Zona da Mata, em especial na cidade de Juiz de Fora, tem-se registros de indústrias com emprego de sistema construtivo metálico, através de estruturas híbridas compostas por alvenaria de tijolos, pilares em ferro fundido e cobertura metálica. Pode-se supor que a presença do ferro seja mais comum nas construções desta região, por questões geográficas e de desenvolvimento econômico, que favoreceram as condições de transporte na região. A partir das pesquisas realizadas nos arquivos do IEPHA, foi possível identificar as seguintes edificações industriais que apresentam o metal em seu sistema construtivo: Fábrica de Tecidos Bernardo Mascarenhas, figura 1.11, Fábrica de Tecido Ferreira Guimarães e Cia Pantaleone Arcuri.

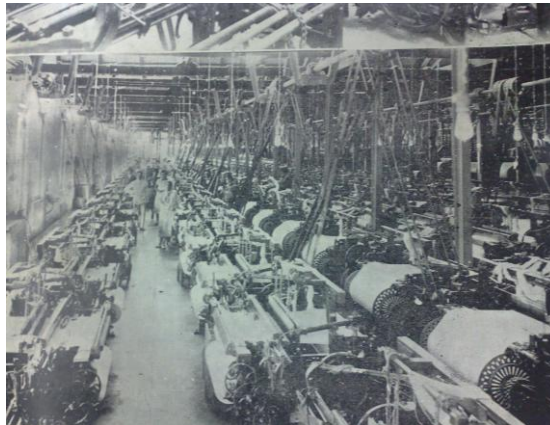


**Figura 1.11: Fábrica de Tecidos Bernardo Mascarenhas em Juiz de Fora**  
**Fonte: LLOYD (1913).**

Segundo o livro “100 anos da indústria em Belo Horizonte” (GONTIJO, 1998) o arraial já produzia gêneros alimentícios. Algumas atividades industriais já se desenvolviam, e se destacam como precursoras a Saint John Del Rei Mining Co., na cidade de Nova Lima (1834), e a Cia Mineira de Fiação e Tecidos em Marzagão, distrito de Sabará (1879). A figura 1.12 apresenta uma vista interna de um dos galpões da Fábrica de Tecidos Marzagão. Atualmente, apenas um galpão possui pilares metálicos, provavelmente em aço laminado, com inscrição marcada de sua fabricação. Em registro apresentado na figura 1.13, é possível notar que existiam já nessa época, pilares metálicos em uma seção de tear da fábrica. Esses pilares provavelmente foram importados, já que nossa siderurgia ainda era incipiente.



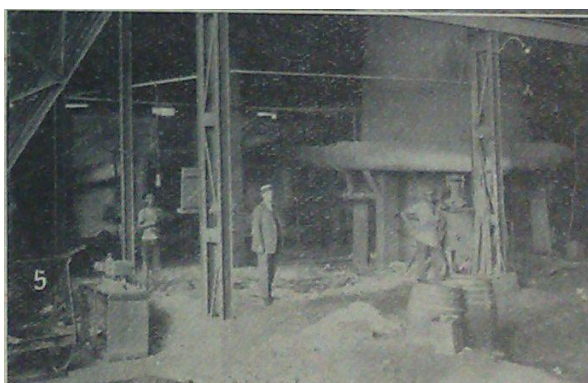
**Figura 1. 12: Vista atual de um dos galpões da Fábrica de Tecidos de Marzagão.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal/março 2011**



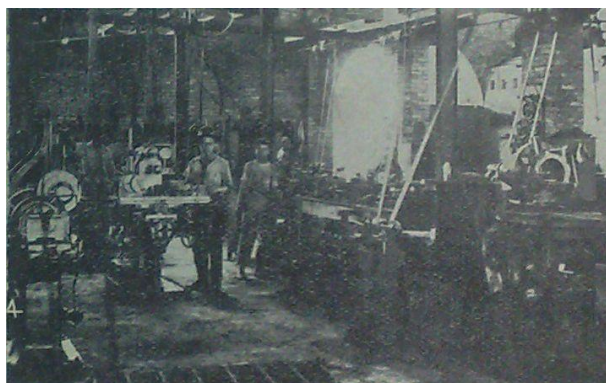
**Figura 1. 13: Registro de 1925 mostra pilares metálicos na Fábrica de Marzagão.**  
**Fonte: Silveira (1926)**

No antigo Curral del Rei, hoje Belo Horizonte, as primeiras atividades eram manufatureiras, apresentando produção voltada para o mercado interno, utilização de matéria-prima de origem do setor primário e produção pouco mecanizada. Dentre tantas empresas que se destacaram podem ser citadas: Empório Industrial de Antônio Teixeira Rodrigues, voltada para produção de material de construção, fundada em 1895; Lunardi e Machado, produção de ladrilhos e marmoraria, fundada em 1896 e o Estabelecimento Industrial Mineiro de Paulo Simoni, fundado em 1909. Muitas foram as pequenas fábricas que surgiram para atendimento ao consumo interno. Inicialmente o núcleo industrial se instalou na Praça da Estação para facilitar o transporte de matéria-prima e distribuição da produção.

Na empresa Magnavacca e Filhos, denominada “Fundição Moderna”, fundada em 1908 na cidade de Belo Horizonte, nota-se o emprego da estrutura metálica com pilares treliçados, na imagem do alto forno, figura 1.14, sistema construtivo muito empregado em estruturas da época, e emprego de pilares em perfil I no setor de mecânica, figura 1.15.



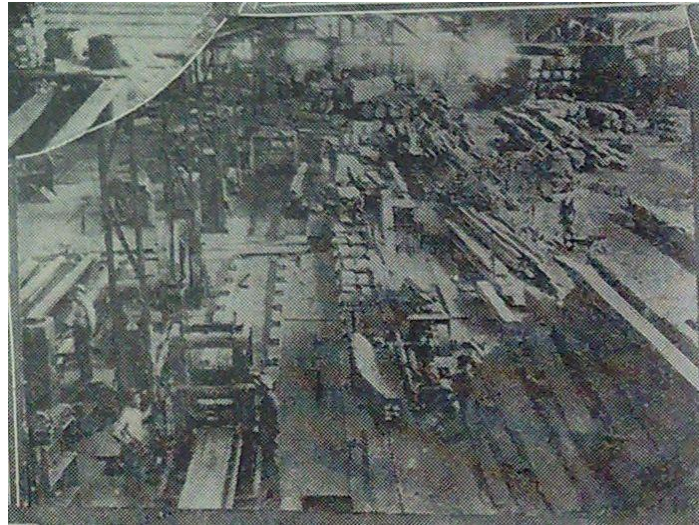
**Figura 1. 14: Vista do alto forno da empresa Magnavacca e Filhos na cidade de Belo Horizonte.**  
**Fonte: Silveira (1926)**



**Figura 1. 15: Vista do setor de mecânica da empresa Magnavacca e Filhos na cidade de Belo Horizonte.**  
**Fonte: Silveira (1926)**



Outro estabelecimento que merece destaque é a “Industrial”, fundada em 1903, por Antônio Garcia de Paiva, se tornando uma das maiores indústrias da capital. Em 1908, o imigrante português Augusto de Souza Pinto se torna sócio da empresa. Embora a principal atividade fosse serraria, também foi responsável pela construção de muitos edifícios importantes em Belo Horizonte, como os prédios da Praça da Estação e a Fábrica de Tecidos Industrial Belo Horizonte. Em 1913, as instalações foram transferidas para outra edificação situada na Avenida Tocantins, atual Assis Chateaubriand, denominada Serraria Souza Pinto, figura 1.16 (FIEMG, 1998).



**Figura 1. 16: Vista do interior da Serraria Souza Pinto.  
Fonte: Silveira (1926)**

O desenvolvimento industrial aumentava à medida que a cidade se estruturava, contando com o capital acumulado pelos imigrantes e incentivos municipais. O objetivo era fazer com que a nova capital se tornasse o centro dinâmico da economia do Estado. (FIEMG, 1998).

Seria muita pretensão afirmar que foi feita uma varredura em toda a região para identificar as principais estruturas metálicas que representam o sistema construtivo do início do período de industrialização em Minas. E não é esse o objetivo desta pesquisa, mas esse trabalho inicial foi importante e necessário para escolha de uma amostragem significativa. A maior dificuldade foi, depois de relacionados, verificar quais os complexos industriais ainda existentes e identificar o sistema construtivo empregado. Essa foi uma tarefa árdua e realizada por pesquisas em fichas de inventário e tombamentos no IEPHA, identificação de fotos antigas, contatos telefônicos com instituições públicas e visitas a algumas cidades.

Tendo em vista a diversidade e relevância das estruturas encontradas na região central do estado, próximo a Belo Horizonte, definiu-se por três conjuntos industriais significativos e

que apresentam importância no contexto socioeconômico da região: as antigas instalações da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira em Sabará; o conjunto industrial da Mina de Morro Velho em Nova Lima e a Fábrica de Tecidos de Ouro Preto. Os critérios estabelecidos para escolha dos exemplares foram: importância das atividades industriais e a diversidade de modelos estruturais metálicos e da tipologia arquitetônica industrial, que se instaurou no final do século XIX e primeira metade do século XX.

A partir desta pesquisa inicial uma questão importante pôde ser levantada. Durante os primeiros anos de industrialização na região central do Estado a madeira foi largamente utilizada, tendo em vista a facilidade na aquisição da matéria prima, domínio da técnica construtiva e maior dificuldade nos meios de transportes, já que as peças metálicas eram em geral importadas. Exemplo disso, foram as indústrias têxteis, muito presentes nesta região, que em sua maioria apresentam ou apresentaram originalmente estruturas de madeira. As estruturas metálicas, quando encontradas neste ramo industrial, foram inseridas mais tardiamente, a partir da década de 30. Exceção encontrada foi a fábrica de tecido na cidade de Ouro Preto, que apresenta estrutura "híbrida"<sup>2</sup>. Segundo Kühl (1998), o destaque de Minas Gerais no conjunto de construções metálicas do século XIX, esteve relacionado às estradas de ferro. Sendo assim, em se tratando da região central do Estado de Minas Gerais, as estruturas estudadas assumem maior importância, por se tratarem de edificações industriais implantadas entre o final do século XIX e início do século XX, de significativa relevância em um universo de poucos exemplares.

#### **1.4 - Metodologia**

Os procedimentos adotados para desenvolvimento da pesquisa foram baseados na metodologia sugerida pelo professor italiano De Angelis (Notas de aula, MENICONI; CARVALHO, 2004), baseada no enfoque de Cesare Brandi, que consiste em fornecer um diagnóstico do objeto a ser restaurado, baseado nas análises histórico-documental, estático-construtiva e estético-crítica. Essa metodologia estabelece ainda que a análise deve ocorrer de forma ampla, partindo de aspectos genéricos para o detalhe. Os resultados dessas investigações devem contribuir para se estabelecer juízo de valor e conduzir ações futuras na definição das proposições.

---

<sup>2</sup> A expressão "estrutura híbrida" indica a utilização de materiais diferentes em uma mesma edificação ou parte dela. O conceito de estrutura mista, modernamente, é reservado às estruturas em que os diferentes materiais atuam de forma integrada como, por exemplo, nas vigas mistas, pilares mistos e lajes mistas.

Com base nestes conceitos, estabeleceu-se as seguintes etapas para a pesquisa:

### **- Pesquisa Bibliográfica e Histórico-Documental**

Revisão de literatura em livros e artigos, relativos ao tema proposto.

Estudo sobre a evolução dos processos de fabricação dos metais, assim como de suas patologias e métodos de tratamento.

Estudo das questões teóricas, relativas à restauração e preservação.

Pesquisa histórico-documental em arquivos públicos e privados, através de fontes como “anuários” e publicações da época, que trazem informações sobre o quadro econômico e industrial do estado.

Pesquisa histórico-documental em documentos, levantamentos arquitetônicos, projetos originais e antigos registros fotográficos, disponibilizados pelo Programa Memória ArcelorMittal em Sabará e pelo Centro de Memória Morro Velho em Nova Lima, apud SILVA (2007).

### **- Pesquisa de Campo**

Em se tratando da metodologia estabelecida para este trabalho, influenciada pelo quadro do Prof. De Angelis (Notas de aula, MENICONI; CARVALHO, 2004), esta etapa consiste da “pesquisa estático-constitutiva” e “estético-crítica”.

Identificação dos volumes originais e possíveis acréscimos para, juntamente com os dados históricos e iconográficos, construir um quadro evolutivo das ocupações.

Realização de registros fotográficos, descrição das tipologias arquitetônicas e do entorno.

Realização de levantamento métrico arquitetônico dos galpões da antiga Companhia Belgo Mineira em Sabará. Nos demais conjuntos industriais foram disponibilizados levantamentos, que foram utilizados como base.

Levantamento do sistema construtivo a partir de modelos, formas de conexão e apoios, apresentados em desenhos técnicos e detalhes das estruturas.

Mapeamento de danos estruturais realizado através de fotografias e descrição das patologias encontradas, de forma a avaliar o estado de conservação. Cabe registrar, que nas instalações da antiga Companhia Siderúrgica Belgo Mineira foi possível realizar um mapeamento minucioso, considerando cada pilar e o grau da degradação. O conjunto da Mina de Morro Velho em Nova Lima e a Fábrica de Tecidos de Ouro Preto foram analisados de forma geral, o primeiro pela restrição de acesso às instalações e o segundo por estar em obra.

Identificação visual do metal, a partir de conhecimentos teóricos sobre o assunto.

Análise metalográfica realizada no laboratório do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais (DEMET), da Escola de Minas/UFOP, utilizando de amostras coletadas em algumas estruturas.

Análise química obtida no Laboratório da Cia. VDL Siderúrgica, utilizando de amostras coletadas em algumas estruturas.

Cabe registrar que, para uma completa proposta de restauração, todos os elementos da edificação devem ser considerados, porém o foco desta pesquisa está no emprego e formas de utilização da estrutura metálica.

#### **- Compilação dos dados coletados na pesquisa histórica e em campo**

Seleção dos textos importantes e fichamentos. Organização das fotos em pastas nomeadas por estruturas. Organização dos dados coletados em textos e tabelas, de forma a facilitar as análises e cruzamento das informações. Desenvolvimento de plantas e desenhos técnicos referentes aos levantamentos de campo no software Auto Cad.

#### **- Cruzamento das informações históricas e de campo.**

Cruzamento dos dados provenientes da pesquisa histórica e de campo, com o objetivo de obter uma leitura completa do objeto em questão, possibilitando o esclarecimento de pontos obscuros e estabelecendo hipóteses para a evolução construtiva de algumas edificações. Esta análise foi realizada a partir de textos, mapas e registros fotográficos.

#### **- Cruzamento das informações entre objetos da amostragem e a literatura.**

Procedimento de ampla pesquisa bibliográfica sobre a História da Arquitetura do Ferro.

Cruzamento dos dados entre as estruturas pesquisadas através de quadros comparativos, de forma a obter uma análise dos sistemas estruturais e metais encontrados, enquadrando-os na história dos processos de fabricação dos metais.

Cruzamento dos dados das tipologias construtivas encontradas nos estudos de casos, estabelecendo comparações e análises com estruturas análogas e informações contidas em textos técnicos sobre o tema.

#### **- Análise qualitativa dos dados**

A partir das análises químicas e metalográficas foi estabelecido um quadro comparativo entre os materiais encontrados, de forma a obter uma escala evolutiva dos processos siderúrgicos.

A partir do diagnóstico estabelecido na etapa de Pesquisa de Campo, procedeu-se a análise das principais patologias encontradas, sintetizadas em tabelas, sendo estas consideradas como base para as proposições (métodos de tratamento e medidas preventivas).

### **1.5 – Escopo do trabalho**

O trabalho foi organizado em sete capítulos. No presente capítulo é apresentado o tema do trabalho e descritos os problemas e justificativas que apontam a relevância da pesquisa. Também são aqui relacionados os objetivos, os critérios para definição dos objetos de estudo e a metodologia estabelecida.

**No Capítulo 2** é apresentado o Caso da Companhia Belgo Mineira em Sabará, constando inicialmente de breve relato sobre a importância desta empresa na História da Siderurgia no Brasil e de pesquisa histórico-documental. Na pesquisa de campo, o conjunto industrial é descrito segundo sua tipologia construtiva e diagnóstico de conservação, além da apresentação do levantamento arquitetônico. A identificação do metal feita em campo também é exposta neste tópico, assim como as análises laboratoriais das amostras coletadas.

O **Capítulo 3** foi destinado ao Caso da Mina de Morro Velho em Nova Lima e o **Capítulo 4** à Fábrica de Tecidos em Ouro Preto. Em ambos os capítulos também são apresentadas as pesquisas histórico-documental e de campo, contemplando levantamento arquitetônico, descrição da tipologia construtiva, diagnóstico e identificação dos metais em campo e laboratório. Por se tratar de vários objetos, as instalações da Mina de Morro Velho foram subdivididas em tópicos.

As análises realizadas a partir do cruzamento dos dados entre os objetos de estudo e a revisão de literatura são apresentadas no **Capítulo 5**. Para melhor compreensão do tema, a História da Arquitetura do Ferro é contemplada em diversas esferas, desde a origem da produção do ferro fundido, a evolução da técnica no ocidente e a conseqüente produção em larga escala para todo o mundo, incluindo o Brasil. Os objetos são analisados nas esferas construtivas e tipológicas. Os tipos de metais são comparados em tabela para melhor compreensão de suas propriedades e também são relacionadas as principais patologias encontradas e as causas de degradação.

O **Capítulo 6** é destinado às proposições, iniciando com a descrição de critérios, parâmetros e procedimentos para preservação destes objetos. Como resultados da pesquisa são indicados alguns métodos de tratamento e medidas preventivas, além de um estudo de ocupação como experimentação das diversas possibilidades de uso das instalações da antiga Companhia Belgo Mineira em Sabará.

Finalmente, no **Capítulo 7**, constam as considerações finais e sugestões de pesquisas futuras.

Adicionalmente, este trabalho contém como apêndices, planta de levantamento e quadros do diagnóstico estrutural das antigas instalações da Cia. Siderúrgica Belgo Mineira, além da revisão de literatura sobre os processos de fabricação e características dos metais, patologias, métodos de tratamento e medidas preventivas. Em anexo, imagens de projetos originais consultados no acervo do Programa Memória ArcelorMittal.

## CAPÍTULO 2

## O CASO DA BELGO MINEIRA EM SABARÁ

---

### 2.1 - A importância da Companhia Belgo Mineira na História da Siderurgia no Brasil

A história da siderurgia no Brasil remonta ao final do século XVI, data em que se pode encontrar registro de algumas forjas no atual Estado de São Paulo. Afonso Sardinha instalou em 1590 uma forja com dois fornos, utilizando o minério do Morro de Araçoiaba, próximo à Sorocaba, para produção em maior escala de ferro. Também em São Paulo, no início do século XVII, “existia um engenho de ferro” em Santo Amaro. Essas forjas encerraram as atividades no final dos anos de 1620 (LANDGRAF et al., 1994 apud KÜHL, 1998).

Segundo descrito por Kühl (1998), o engenheiro alemão Friederich L. Varnhagen chega ao Brasil em 1810 para coordenar a produção metalúrgica. Nesta mesma época foram criadas a Real Fábrica de Ferro de São João de Ipanema, em São Paulo, e a Fábrica de Ferro do Morro do Pilar, em Minas Gerais. Ambas não foram rentáveis. A produção de ferro diminuiu substancialmente após a Proclamação da Independência, sendo reativada a Fábrica de Ipanema durante a Guerra do Paraguai (1864-1869), voltando novamente a cessar suas atividades e após outras tentativas as suas atividades realmente encerraram em 1913.

O ensino da metalurgia foi estabelecido no país, através dos cursos da Escola Politécnica do Rio de Janeiro (1874); da Escola de Minas de Ouro Preto (1876) e da Escola Politécnica de São Paulo (1894).

A Usina Esperança, próxima a Itabira do Campo, atual cidade de Itabirito, é fundada em 1895, instalando em 1910 o primeiro alto-forno da América Latina, construído em couraça metálica, com produção máxima de 2.000 toneladas anuais. No início do século XX o Brasil contava apenas com este alto forno, e a importação anual de peças metálicas era de 190 mil toneladas, o que demonstra a total dependência, neste período, dos produtos importados. Dados publicados em *Impressões do Brasil no Século Vinte* (LLOYD, 1913) registram algumas fundições e pequenas fábricas, porém nada relevante que atenda à demanda do mercado interno (KÜHL, 1998).

A siderurgia no país, segundo Kühl (1998), passa a ter escala industrial após a Primeira Guerra Mundial, com o objetivo de atender ao mercado interno, devido à escassez de ferro. Em 1915 surge, mesmo que de forma rudimentar, a produção do aço laminado para suprir as

necessidades emergenciais. O primeiro forno Siemens-Martin é implantado em 1918 na Usina Companhia Mecânica e Importadora, em São Caetano do Sul e; em 1919, é inaugurado o primeiro forno elétrico na Fábrica de Aço Paulista, em São Paulo.

Em se tratando do Estado de Minas Gerais pode-se considerar que quatro empresas dominaram a indústria de ferro e aço nas duas décadas após a Segunda Guerra Mundial: Belgo Mineira, Mannesmann, Acesita e Usiminas. A Belgo Mineira pode ser considerada a pioneira, tendo começado a operar antes da Guerra e continuou a expandir suas operações em Sabará e Monlevade, produzindo ferro gusa e produtos de aço laminado. A Acesita, Aços Especiais Itabira, foi fundada por Percival Farquhar, mas assim como ocorreu com suas outras empresas siderúrgicas, o capital não foi suficiente e eventualmente foi forçado a colocar o controle da companhia nas mãos do Banco do Brasil. A empresa alemã, Mannesmann começou a ser instalada em Belo Horizonte em meados de 1950, já a Usiminas começou a ser construída no final de 1950, entrando em funcionamento em 1962 (EAKIN, 2001).

Até o surgimento da CSN em Volta Redonda em meados de 1950, a Belgo Mineira se tornou a primeira empresa siderúrgica integrada da América do Sul. Embora a empresa tenha começado sob a liderança de empresários mineiros, que permanecerem proeminentes nas operações da empresa, a Belgo passou a ser filiada de uma poderosa empresa multinacional, a ARBED (EAKIN, 2001).

As maiores empresas siderúrgicas se localizaram na Zona Metalúrgica, nas proximidades de Belo Horizonte, o que propiciou o desenvolvimento da capital. As mais distantes, como a Usiminas, Acesita e Belgo Mineira Monlevade formaram o que hoje se conhece como Vale do Aço. Belo Horizonte se tornou o eixo econômico da principal indústria do Estado. Nas duas décadas que se seguiram após a Segunda Guerra Mundial, as indústrias siderúrgicas do país se caracterizaram pela dependência tecnológica estrangeira, inclusive no que se refere à construção e desenvolvimento de suas fábricas (EAKIN, 2001).

## **2.2 – Pesquisa histórico documental da Companhia Belgo Mineira – Sabará**

A história da Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira esta intimamente relacionada com o panorama político e econômico do Brasil e do mundo, considerando as influências e impactos externos aos quais estão sujeitas as empresas.



O início do século XX foi marcado, dentre outras jazidas, pela exploração do minério de ferro. No estado de Minas Gerais destaca-se a região denominada, por volta de 1920, “Quadrilátero Ferrífero”, pelo Geólogo Luiz Gonzaga de Campos, sendo a cidade de Sabará, parte integrante desta região. Embora o estado já apresentasse sinais de desenvolvimento industrial, a siderurgia ainda se mostrava incipiente (MOYEN, 2007).

“A guerra de 1914-1918 pôs a nu as nossas deficiências industriais. De vários índices que podem mostrar de modo claro essas deficiências, destacamos as estatísticas das construções de casas em Belo Horizonte. De um gráfico crescente, desde a inauguração da cidade, em 1897, até o ano de 1914, e que continua crescente de 1919 a diante, vemos um patamar praticamente nulo no período da Primeira Guerra Mundial. Belo Horizonte fora construída com material importado. Importávamos manilhas e telhas de Marselha, cimento e ferro de toda parte (...). Com a guerra, por motivos evidentes, a importação diminuiu consideravelmente (...). A oportunidade era excelente para desenvolver algumas indústrias brasileiras, em particular a indústria siderúrgica.” (GOMES, Francisco Magalhães. História da Siderurgia no Brasil. P.148 apud MOYEN, 2007)

O quadro de dependência econômica do Brasil com países europeus sofreu profunda mudança com a instalação da Primeira Guerra Mundial (1914-1918), pois as barreiras dificultaram as importações e exportações, criando uma necessidade de desenvolvimento de indústria de base, para suprir uma demanda interna por máquinas e equipamentos. O custo para se implantar uma usina siderúrgica era grande e foi apenas em 1918 que os investidores receberam apoio governamental, a partir de um decreto federal, que facilitava concessão de empréstimos a juros baixos às empresas produtoras de ferro e aço, além de redução de custo dos fretes nas ferrovias e empresas ligadas ao governo federal. Também possibilitou a criação de novos ramais ferroviários. Porém, o incentivo governamental foi efetivamente pouco e com o fim da guerra são retomadas as relações comerciais e o mercado brasileiro passa a concorrer com produtos estrangeiros de qualidade e custo mais baixo. (MOYEN, 2007).

“Em Minas duas indústrias (...) a de tecelagem, que evoca sempre o vulto imponente de Bernardo Mascarenhas, e a siderurgia, cujas tentativas remontam aos tempos coloniais, haveriam de beneficiar-se da eventualidade criada pela conflagração mundial” (O Pioneiro nº51, janeiro de 1957)

Em meio à 1ª Guerra Mundial, com a crescente demanda por produtos de ferro, tem origem a Companhia Siderúrgica Mineira, por iniciativa e empreendedorismo dos engenheiros

graduados na Escola de Minas de Ouro Preto: Amaro Lanari e Christiano Guimarães, com a indispensável ajuda do engenheiro Gil Guatimosin. Fundamental foi o apoio do banqueiro e comerciante Sebastião Augusto de Lima e do industrial Américo Teixeira Guimarães, para atrair investidores e conseguir o capital necessário para iniciar as ações. Em 21 de janeiro de 1917 foi assinada, por vinte pessoas, técnicos e investidores, a ata de constituição da Companhia Siderúrgica Mineira. Christiano Guimarães, Sebastião Augusto de Lima e Ovídio de Andrade foram eleitos diretores e Amaro Lanari foi indicado para gerente (MOYEN, 2007 e O Pioneiro n°51, janeiro de 1957).

“Produção de ferro guza e seus derivados e utilização commercial das jazidas mineraes existentes nas propriedades que vae adquirir” – esse era o objetivo principal da nova usina siderúrgica de Minas Gerais. (MOYEN, 2007)



**Figura 2.1: Fundadores da Companhia Siderúrgica Mineira  
Ovídio de Andrade, Amaro Lanari, Christiano Guimarães e Gil Guatimosin.  
Fonte: MOYEN, 2007**

“Pode-se dizer, sem exagêro, que desde o final do século passado aos nossos dias tôdas as tentativas de se fundar e desenvolver a siderurgia em Minas Gerais contaram, de uma forma ou de outra, com a presença e a contribuição marcada dos homens da Escola de Ouro Preto.”(O Pioneiro n°51, janeiro de 1957)

A escolha do local para instalação do empreendimento foi feita de forma meticulosa e os municípios mineiros, em especial aqueles em decadência após o declínio da extração do ouro, se mobilizaram para atrair o investimento. A cidade histórica de Sabará foi escolhida para receber a empresa, por reunir condições favoráveis como: localização próxima à capital, reserva abundante de minério e carvão, facilidade de transporte devido a ferrovia Central do Brasil, certa infra estrutura e mão de obra farta, pois apresentava alto índice de desemprego. Soma-se a isso a facilidade de exploração e aquisição de terras como: a Fazenda Segredo, na

época de propriedade de um dos acionistas, Adelino Ferrão Castello Branco, que se comprometeu a ceder exploração da jazida de minério de ferro; antiga lavra de ouro que foi colocada à venda a preço acessível, pelo sabarense José Antônio Machado Chaves, local onde foram implantadas as instalações da usina e a Fazenda da Chácara, comprada de José Assis Duarte, que possuía argila para produção dos refratários do alto forno e abundante mata para fornecimento de carvão vegetal (O Pioneiro nº51, janeiro de 1957; MOYEN 2007).

Conforme descreve Moyen (2007), os projetos foram realizados por engenheiros da Escola de Minas de Ouro Preto. O alto forno a carvão vegetal foi projetado pelo Prof. Alberto Augusto Magalhães Gomes, docente de Metalurgia e Exploração de Minas e a montagem foi conduzida por Gil Guatimosin. Desenhos técnicos e plantas da usina foram realizados pelo engenheiro Luís Orsini de Castro e as obras civis de responsabilidade do engenheiro Amaro Lanari.

Conforme relatado por Christiano F. T. Guimarães no jornal O Pioneiro nº40 de 1956:

“(...) o engenheiro Amaro Lanari foi o primeiro a ter a idéia de fundar, nas proximidades desta capital, uma usina siderúrgica. Esse velho camarada dos tempos colegiais contou, desde logo, com a minha pronta solidariedade e, sendo assim, levamos a efeito a formação da pequena sociedade, graças ao apóio de diversos outros amigos. Foi êle, o Dr. Lanari, eleito gerente da Companhia, competindo-lhe todo trabalho de construção da usina a ser montada em Sabará, tendo enfrentado, com energia e entusiasmo, as dificuldades inerentes ao empreendimento naquela época remota. Sentiu necessidade de um auxiliar, tantas as providências que a obra ia exigindo, e, em boa hora, se lembrou do engenheiro Gil Guatimosin, nosso colega da Escola de Minas de Ouro Preto, o qual prestou relevantes serviços à organização (...) para retratar as condições em que se encontrava a indústria siderúrgica em nosso meio lá pelos idos de 1917. Se não me trai a memória de velho, apenas existia em funcionamento no País, a de Esperança, graças aos esforços e tenacidade do engenheiro Queiroz Júnior, de saudosa memória; contava-se ainda um alto forno em Burnier, pertencente à Usina Wigg, porém apagado já havia alguns anos.”

O Pioneiro nº51, janeiro de 1957 destaca que o primeiro alto forno foi “todo feito no Brasil, com colunas de ferro fundido (...)”. Conforme descrito por Moyen (2007), o maquinário necessário foi fabricado ou adaptado no local, por se tratar de período de guerra e alguns equipamentos como sistema de carregamento de alto forno, anel de sustentação da cúpula, motores a gás pobre e sistema de canalizações foram produzidos ou reconicionados pela

Companhia Mecânica e Importadora de São Paulo. A energia elétrica foi gerada por gasogênios através de motores suíços adquiridos no Rio de Janeiro, porém o procedimento foi desafiador e inseguro, ocorrendo duas explosões que atrasaram e oneraram o início da produção. A primeira corrida de gusa ocorreu em 1º de novembro de 1920, após a visita de um técnico europeu J.Gaspacher, que realizou ajustes no alto-forno para funcionamento. A Siderúrgica passa a funcionar com capacidade de produzir 25 toneladas/dia e seu alto-forno era considerado o maior e mais moderno do Brasil.

O livro *100 da Indústria em Belo Horizonte* (GONTIJO, 1998) destaca que a Usina de Sabará, que possuía um alto-forno e uma oficina mecânica era considerada a maior do Estado.

Entretanto, muitas foram as dificuldades enfrentadas e os acionistas tiveram parte de seu patrimônio alienado pois o custo de implantação foi muito acima do capital previsto. Além disso, com o fim da guerra, o comércio internacional se restabelece e a Siderúrgica passa a concorrer com ferros e aços importados, considerados de melhor qualidade. A demanda de mercado pelo ferro gusa produzido pela Companhia Siderúrgica Mineira é pequena em relação a sua produção e a usina passa a caminhar para falência. (MOYEN, 2007)

A visita da Família Real Belga ao Brasil em 1920, a partir de convite feito pelo então Presidente Epiácio Pessoa, significou mudanças culturais e econômicas ao país. Motivada pelo reconhecimento do apoio do Brasil durante a Primeira Guerra Mundial, o rei Alberto I faz visita oficial ao Rio de Janeiro e a convite do Presidente de Minas Gerais, Arthur Bernardes, viaja também à Belo Horizonte, mudando assim os rumos da “Siderúrgica” de Sabará (RIBEIRO et al, 2011 e MOYEN, 2007).

“O ponto alto da visita ao estado de Minas Gerais, além da recepção em Belo Horizonte, foi o passeio às minas de Morro Velho. A questão da exploração do minério de ferro estava na ordem do dia, ressaltada a importância da indústria siderúrgica na Grande Guerra, e a visita do rei Alberto consolidou a criação da Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira, fruto de um consórcio com um grupo belga-luxemburguês.” (RIBEIRO, Maria Izabel Branco et al. *Visita da Família Real Belga ao Brasil*, 2011)

Segundo Moyen (2007), Arthur Bernardes pretendia mostrar o potencial siderúrgico do estado e atrair investimentos europeus, em oposição aos interesses da “Itabira Iron” comandada por um norte americano, que atuava apenas na exploração e exportação do minério de ferro, visando interesses internacionais. O momento era oportuno, pois a ARBED – Aciéries

Réunies de Burbach-Eich-Dudelange, formada em 1911, por um conglomerado de indústrias siderúrgicas belgo-luxemburguesas, passava por um período de instabilidade e se encontrava ameaçada por empresas estrangeiras, havendo interesse em estabelecer novos negócios. Meses após a visita do rei Belga, dirigentes da ARBED, Emile Mayrisch e Gaston Barbanson criaram o Sindicato do Brasil, com o intuito de avaliar a instalação de usinas siderúrgicas e mesmo estabelecer negócios comerciais no país. Após a criação do sindicato, uma missão técnica, liderada pelo engenheiro Pierre Arendt, foi enviada ao estado de Minas Gerais e recebida pelo então cônsul honorário da Bélgica em Minas: Christiano França T. Guimarães, que segundo o livro *100 da Indústria em Belo Horizonte* (GONTIJO, 1998), teve importante papel nas negociações. A ARBED, acreditando no potencial siderúrgico, resolve então se associar a recém criada Companhia Siderúrgica Mineira.

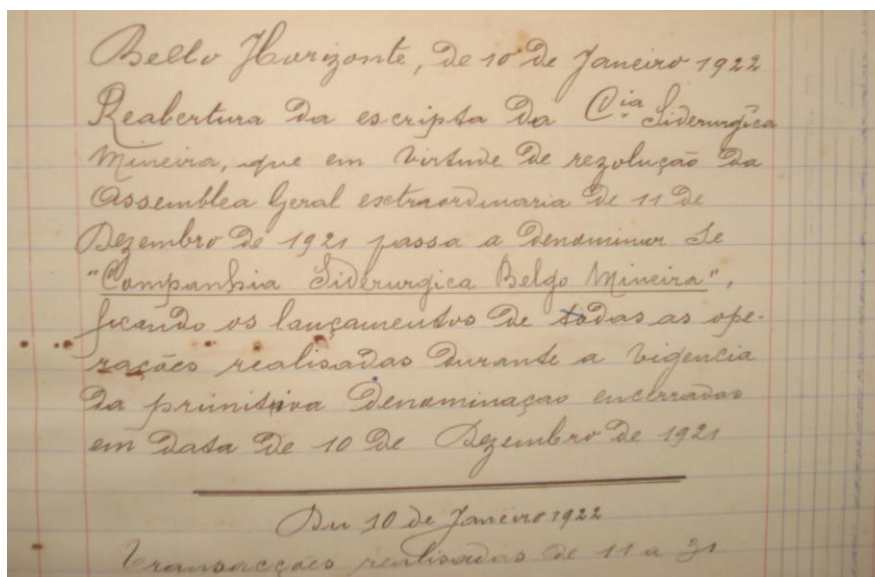


**Figura 2. 2: Vista Usina de Sabará em 1920**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

Ainda segundo Moyen (2007), com o intuito de ampliar a Companhia Siderúrgica Mineira, a ARBED compra a antiga propriedade de Jean Monlevade, com as ruínas da fábrica de ferro e a Mina do Andrade, confirmando o interesse em investir no Brasil. Em fevereiro de 1921 é assinado um acordo de intenção e em dezembro o capital da empresa é aumentado em 15 mil contos de réis, investimento da ARBED, representada por seu presidente Gaston Barbanson. Encerradas as atividades do Sindicato, surge a Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira, sendo nomeado como Presidente da diretoria Gaston Barbanson. A nova razão social foi publicada em dezembro de 1921 no “Minas Gerais”, órgão oficial do Estado.

“Art. 1) A Actual Companhia Siderúrgica Mineira passa a denominar-se Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira, sociedade anonyma que será regida pelos presentes estatutos e pela legislação em vigor.” (apud MOYEN 2007)

Em pesquisa no Centro de Memória da Belgo foi possível ter acesso ao Diário da Companhia, constando o livro de 202 páginas numeradas, destinadas a servir de diário à Companhia Siderúrgica Belgo Mineira. A figura 2.3, consta do primeiro registro feito neste caderno, sendo mencionada a Assembléia Geral extraordinária, ocorrida em 11 de dezembro de 1921, na qual a empresa passa a se denominar Companhia Siderúrgica Belgo Mineira.



**Figura 2. 3: Primeira página do Diário da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

Em seu plano inicial, Sabará seria transformada em uma “usina piloto”. No Jornal O Pioneiro por diversas vezes a veterana usina é mencionada como a primeira “universidade siderúrgica”, responsável pela formação de muitos metalurgistas.

A produção do gusa em alto forno a carvão vegetal deveria ser aperfeiçoada, considerando o alto custo da importação do carvão mineral. Em 1922, uma equipe de técnicos luxemburgueses e belgas se instala em Sabará. Tinham como missão colocar em pleno funcionamento o alto-forno existente, fabricado para produzir até 25 toneladas/dia; expandir os negócios com a instalação de um segundo forno de maior capacidade, 60 toneladas/dia, instalação de uma fundição e de um forno Martin, com capacidade de produzir 6 toneladas de gusa/corrida; além de prospectar a jazida de Andrade e promover o plantio florestal. O plano inicial era ousado, porém cuidadoso, no sentido de aproveitar a infra-estrutura existente para experimentar, treinar pessoal e conhecer a matéria prima disponível, para no futuro alcançar um objetivo maior que seria a construção de uma usina siderúrgica de grande porte, sem precedentes no país, nas terras adquiridas em Monlevade. Entretanto, para construção da nova Usina seria necessário a construção do ramal ferroviário entre Santa Bárbara e São José da

Lagoa, atual Nova Era, ligando a Estrada de Ferro Central do Brasil com o trecho Vitória a Minas (MOYEN, 2007).

“ A Companhia Siderúrgica Belgo Mineira (...) projetou-se no cenário siderúrgico nacional como pioneira na indústria pesada.” (Companhia Siderúrgica Belgo Mineira - 1953)

Conforme aponta Moyen (2007), as melhorias na infra-estrutura no primeiro ano foram suficientes para elevar em 50% a produção de gusa. A partir de 1922, o alto-forno de 25 toneladas foi reforçado, um forno tipo Martin é instalado, além de uma fundição e oficina. No jornal O Pioneiro nº12 de 1955, foi entrevistado, Jean Pierre Fohrmann, que veio para Sabará em 1922, chefiar a Modelagem, o que comprova a existência também deste setor já nas primeiras instalações.

A chegada de Arthur Bernardes a Presidência da República foi marcada pela oposição ao projeto da Itabira Iron e pelo apoio à Belgo-Mineira, através da concessão de empréstimo, isenção fiscal por 40 anos, permissão de utilização de força hidráulica e desapropriação para expansão ferroviária e de instalações. Para usufruir dessas regalias a empresa deveria se submeter a diversas exigências, para manter o desenvolvimento siderúrgico, que não apenas foram cumpridas como reafirmadas com o aumento do capital em 1924 para expansão da Usina de Sabará (MOYEN, 2007).

Moyen (2007) descreve ainda que a partir de 1925, com o advento do concreto armado, tem origem uma nova fase na história da engenharia e arquitetura, com a demanda de ferro para a construção civil, não havendo nenhuma grande indústria de vergalhões no Brasil, para suprir este mercado interno. Em 1925 são instalados na Usina de Sabará o laminador e o primeiro forno Siemens Martin, tornando a Belgo Mineira a primeira usina integrada<sup>3</sup> da América do Sul, com a fabricação de vergalhões, perfis leves e barras.

A Usina de Sabará instala assim a primeira aciaria em Minas Gerais e se torna a primeira usina a produzir laminados no Brasil com aço nacional (Pioneiro nº51 de 1957).

Silveira (1926) apresenta registros da visita do então Presidente do Estado Mello Vianna e de sua comitiva, em janeiro de 1926, apresentando fotos panorâmicas, além da Fundição e

---

<sup>3</sup> “Usinas Integradas – que operam as três fases básicas: redução, refino e laminação; participam de todo o processo produtivo e produzem aço.” (Instituto Aço Brasil, 2009)

Laminador em funcionamento. Ressalta que foram boas as impressões e destaca que a empresa possui neste período a Usina de Sabará, plantações de eucalipto no Rio das Velhas e as propriedades de Monlevade e Andrade. A publicação aponta que o objetivo inicial era instalar a Usina de Monlevade e coloca como de urgência a ligação do ramal ferroviário Santa Bárbara a São José da Lagoa, fator que até então impede a instalação desta indústria.

O Jornal O Pioneiro nº27 de 1956, publica uma entrevista com Mr. Spooner, inglês, reconhecido como pioneiro dos fornos Martin no Brasil, que chegou na Belgo Sabará em 1925, tendo sido responsável por remodelar o “forninho”, como era conhecido o 1ºalto forno, e instalar os fornos Siemens Martin. O mesmo jornal nº34 de 1956, publica entrevista com Spadano, italiano contratado pela ARBED para montar o laminador em Sabará. De acordo com relato, o laminador começou a funcionar em 1925. Mas parece não ter se mantido em funcionamento, pois segundo O Pioneiro de nº37 de 1956, o laminador teria de fato entrado em operação em 1928.

Embora o avanço tenha sido grande, o cenário nacional contribui para abertura de outras usinas e a concorrência interna não apenas com produtos nacionais, mas também importados se torna grande e a Belgo-Mineira passa por dificuldade, com superprodução e ociosidade, que acaba por gerar a paralisação da produção por um ano, entre meados de 1926 e 1927. Os produtos nacionais eram tidos como de qualidade inferior, o que complicava ainda mais a situação. Um segundo forno Siemens Martin é instalado em 1927, não sendo suficiente para reverter a situação (MOYEN 2007).

Segundo a publicação *Companhia Siderúrgica Belgo Mineira* de 1953, o ferro guza produzido pela Siderúrgica neste período era destinado ao depósito, pois as fundições e construtoras não confiavam nos produtos siderúrgicos nacionais.

E foi neste contexto, que em 1927, a ARBED envia a Sabará o engenheiro luxemburguês Louisensch que, segundo algumas versões, teria sido destinado para avaliar a melhor forma de encerramento das atividades da Usina. Entretanto, diante de uma avaliação ampla, o novo engenheiro-chefe considera possível reverter o quadro da empresa, considerando a possibilidade de aquisição de novos equipamentos e a melhoria do produto final (MOYEN 2007).



GONTIJO (1998) aponta que até 1926 a Usina funcionou de forma precária, porém com a nova administração do Eng. Louis Enschede a empresa passa por um período de ampliação e crescimento, adquirindo maiores índices de produção.

Ensch, diretor de 1929 a 1935 e diretor geral de 1936 e 1953, possuía um espírito empreendedor e se empenhou para reerguer a Siderúrgica e seguir adiante nos planos de construir uma nova usina em Monlevade, o que concedeu a este homem grande consideração. Com apoio da ARBED e dedicação dos empregados muitas foram as mudanças ocorridas nos setores administrativos e técnicos. Em pouco tempo o novo diretor conseguiu regularizar o abastecimento da matéria prima, aumentar a produção e vender o material estocado (Companhia Siderúrgica Belgo Mineira - 1953).

Segundo a mesma publicação, Enschede foi “o primeiro a fabricar, em Minas Gerais, com matérias primas do nosso Estado, o aço doce, vulgarmente conhecido como ferro, destinado às construções e a indústria de serralheria.” O Pioneiro publica em uma das edições que sob o seu comando foi instalado o alto forno da Escola de Minas de Ouro Preto.

Moyen (2007) destaca que a Belgo-Mineira aos poucos se configurava como a única siderúrgica do Brasil que fornecia aço de qualidade e em 1928 a Usina já produzia 10 mil toneladas, o que significava 90% da produção nacional. E descreve no livro:

“Em 1929, era implantado um segundo alto-forno; em 1930 uma pequena trefilaria para produção de arames e pregos; em 1931, o terceiro forno SM para a produção de aço. Em 1932, pela primeira vez em sua história a Usina de Siderúrgica pagava dividendos aos seus acionistas – 5% sobre o capital.”

Para solucionar problemas de ordem operacional, foi construída uma hidrelétrica própria no Rio Taquaraçu, que possibilitou fornecimento de energia a partir de 1936 e para abastecimento de carvão vegetal optou-se pela produção em terrenos da companhia. Também tem início uma nova fase de estratégias de venda e divulgação, com a instalação de escritórios nos grandes centros do país. Representantes procuravam divulgar a qualidade do ferro e do aço produzidos pela Belgo, ofereciam vantagens e destacavam a importância de se consumir um produto nacional. A primeira grande campanha publicitária ocorre em 1937, com a divulgação na Revista das Estradas de Ferro, da utilização de vergalhões Belgo-Mineira na construção do edifício do jornal carioca “A Noite” (MOYEN, 2007).

“(...) alcançava a Usina de Siderúrgica em 1930, uma produção de 20.000 toneladas de ferro laminado. Dos laminadouros da Siderúrgica saíam diariamente quase 100 toneladas de produtos siderúrgicos os mais diversos: ferros redondos, quadrados, chatos e cantoneiras de tôdas as bitolas normalmente utilizadas na construção civil, indústrias de serralheria e mecânica.” (Companhia Siderúrgica Belgo Mineira - 1953)

Com a ascensão de Getúlio Vargas ao poder, após a Revolução de 1930, inicia-se uma fase de modernização no país e este governo se destaca em promover a indústria de base. Em visita a Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira em 1931, Getúlio foi informado do entrave para a criação da Usina de Monlevade e com apoio governamental tem início as obras de ligação do ramal ferroviário entre a Central do Brasil e Vitória Minas. Em 31 de agosto de 1935 foi inaugurado o ramal ferroviário de Santa Bárbara, figura 2.4, e lançada a pedra fundamental da Usina Barbanson (MOYEN, 2007). Para ocasião chega o Presidente Getúlio Vargas e comitiva. Na foto, figura 2.5, o Eng. Louis Ensich apresenta o projeto da nova Usina ao Presidente Getúlio Vargas. Também estão presentes Sr. Gaston Barbanson, presidente da ARBED e outras autoridades.



**Figura 2. 4: Inauguração do ramal ferroviário.**  
**Fonte: Jornal O Pioneiro, n° 111, fev. de 1961.**  
**Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**



**Figura 2. 5: Lançamento Pedra Fundamental Usina Monlevade**  
**Fonte: Jornal O Pioneiro, n° 114, maio de 1961.**  
**Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

Tem início a construção da nova usina em Monlevade. A primeira corrida de ferro gusa ocorreu em 1937, segundo publicado no jornal O Pioneiro. A Usina Barbanson passou a operar a partir de 1938, em local de grande riqueza mineral, que acabou por transformar a paisagem do antigo vilarejo, mudando os rumos da indústria nacional (MOYEN, 2007).

O quadro político e econômico do Brasil em 1937 foi marcado pela ditadura implantada por Vargas. O país crescia e com a implantação da Usina de Monlevade, a Belgo era responsável por 49% da tonelada de aço produzida no Brasil, entre os anos de 1937 e 1946. Em meio a Segunda Guerra Mundial, iniciada em 1939, surge o projeto da CSN, em Volta Redonda.

Vargas defendia a criação de uma usina siderúrgica integrada, estatal, baseada no carvão mineral, para produção de produtos planos e longos, como trilhos. Com esta ação o presidente pretendia acabar com a dependência da importação de ferro e aço. Os “Acordos de Washington” estabeleceram cooperação política, econômica e militar, entre Brasil e Estados Unidos. Assim o Brasil deveria apoiar os aliados na Guerra e em contrapartida, os EUA financiariam o desenvolvimento industrial, que incluía a implantação da CSN, que viria a operar após o fim da guerra em 1946 (MOYEN, 2007).

De acordo com Moyen (2007), durante o período da guerra o país possuía demandas internas, como peças, e trilhos para manutenção e expansão da malha ferroviária. Esta questão foi resolvida pelas indústrias de base como a Belgo-Mineira e foi nesta época que a empresa ganhou credibilidade e passou por grande crescimento, produzindo em Monlevade trilhos, até então não fabricados no Brasil, barras para fabricação de obuzes, além do aumento considerável de produtos tradicionais como os vergalhões. Nesta época a Fundação e a Oficina Mecânica de Sabará foram responsáveis pela fabricação do primeiro laminador de trilhos da América Latina, conforme relatado no Jornal O Pioneiro nº5 e nº23 de 1955.

“(…)Assumindo, com o então Ministro da Viação, Gal. Medonça Lima, em fins de 1942, o compromisso de dar trilhos ao Brasil dentro de 12 meses (...)” ( Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, 1953).

Ainda segundo Moyen (2007), as metas foram atingidas e já em 1943 a Usina de Monlevade ultrapassou a produção de 100.000 toneladas de aço. Em Sabará a produção era de pouco mais de 25 mil toneladas de gusa e 29 mil de aço em lingotes. A empresa também investiu em autosuficiência energética com instalação de hidrelétricas e em 1948 foi implantada a Usina de Sinterização, que permitiu o aumento da produção e redução do consumo de carvão.

A figura 2.6 ilustra a área industrial, observada pelo diretor Eng. Louis Enschede, em data desconhecida.



**Figura 2. 6: Louis Ensch observa a Usina de Sabará.  
Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

Apesar de Sabará já possuir um núcleo urbano, não possuía boa infra estrutura. Entre 1930 e 1950 a Belgo investiu em vilas residenciais, educação, saúde, lazer e assistência social. E foi neste período que foi construído o novo escritório da companhia inaugurado em 1936 (Pioneiro nº136 de 1963) e o primeiro Cassino destinado à hospedagem dos funcionários, que tão logo foi construído um novo Cassino, passou a ser chamado de velho. Já em João Monlevade tudo estava por fazer em pleno sertão de Minas. A Usina foi construída no alto e a construção do núcleo urbano ocorreu em torno dessas instalações. Um concurso foi realizado para o planejamento urbano e entre os participantes estava Lúcio Costa. Toda infra estrutura precisou ser criada, além de todos os serviços necessários para ocupação e desenvolvimento urbano. Especial atenção foi dada ao setor educacional, de saúde e lazer (MOYEN, 2007).

Para garantir fornecimento de carvão vegetal, a Belgo adquiriu reservas florestais ao longo do Rio Doce e foi organizando vários pontos de extração de madeira e produção carvoeira, com um mínimo de infraestrutura que favoreceu a ocupação e desenvolvimento da região. Muitas cidades foram originadas ao redor destes núcleos, além da criação de grandes siderúrgicas como a Acesita e Usiminas. Esta região, conhecida hoje como Vale do Aço, recebeu um importante legado da Belgo-Mineira. Em 1948, já preocupados com a questão ambiental, foi implantado o Serviço Florestal, para reflorestamento a base de eucalipto cultura (MOYEN, 2007).

Segundo Moyen (2007), o período de pós-guerra foi marcado pelo avanço da industrialização brasileira e a Belgo procurou expandir seus negócios, com uma política de diversificação.

Adquiriu participação acionária da CIMAF – Companhia Industrial e Mercantil de Artefatos de Ferro em 1947 e o controle acionário da Samitri – S/A Mineração Trindade. O autor também destaca:

“Em 1949, o Brasil já produzia todo o gusa de que necessitava, e, em 1952, deixava de importar aço em lingotes.”

Conforme descrito por Moyen (2007), Albert Scharlé assume a direção geral da empresa em 1953, ocupada pelo engenheiro Louis Enschede desde 1936. Em 1954 é iniciado um plano de expansão de Monlevade, além de um plano para melhor beneficiamento de minério de ferro da Mina do Andrade em 1956 e criação da CAF – Companhia Agrícola e Florestal de Santa Bárbara em 1957, na busca da auto-suficiência de insumo do carvão. Vale ressaltar que Christiano Guimarães, um dos fundadores da pioneira siderúrgica, assumiu a presidência da Belgo em 1943, se mantendo no comando até 1958.

A primeira edição do jornal O Pioneiro é publicada em dezembro de 1954, sendo anunciado um plano de remodelação e ampliação da veterana Usina de Sabará. Na seqüência, as publicações informam também sobre constantes planos de expansão e modernização no Centro Industrial de Monlevade e sobre a remodelação dos fornos em Sabará: alto forno 1, conhecido como “forninho veterano”, e do alto forno 2.

Moyen (2007) descreve que a direção geral da Belgo é assumida por Joseph Hein, entre os anos de 1957 a 1973. Em 1957 é iniciada a construção da fábrica de Contagem, para transferência da trefilaria de Monlevade e Sabará, abrindo espaço para novos investimentos em tecnologia de trefilados. Novos processos revolucionam a tecnologia do aço e foi em 1957, segundo O Pioneiro nº69, que a Belgo inaugura a Aciaria LD em Monlevade, sendo a pioneira na instalação de uma aciaria a oxigênio na América Latina.

O “Plano de Metas” de Juscelino Kubitschek, entre 1956-1961, foi marcado pela entrada de empresas multinacionais e pelo desenvolvimento da indústria automobilística, que se tornou um promissor mercado para a Belgo-Mineira. O crescimento urbano gerou grandes obras, aquecendo o mercado, e entre elas se destaca a construção de Brasília, sendo o aço da Belgo-Mineira largamente empregado. Mas um descompasso entre a produção de gusa nos altos fornos e da aciaria gerou necessidade de exportação do ferro gusa por volta de 1955, o que acabou por colocar também no mercado internacional produtos trefilados Belgo-Mineira (MOYEN, 2007).

“A nossa veterana Usina de Siderúrgica desempenhou papel saliente no desenvolvimento da siderurgia brasileira, pois foi a primeira usina integrada do país e constituiu a escola de onde se eradicou a técnica que nos permitiu atingir a situação atual. Essa usina vem sendo operada com toda a eficiência compatível com as suas instalações, mas representa um núcleo de trabalho digno de maiores destinos. Estamos empenhados em ampliá-la e modernizá-la, em futuro próximo, de modo a aproveitar melhor suas possibilidades – mormente a localização e a mão-de-obra de alto padrão.” (Palestra Joseph Hein na Escola Superior de Guerra, em 09 de junho de 1959)

Em 1959, o Sindicato da Indústria do Ferro de Minas Gerais realiza um levantamento das usinas siderúrgicas existentes no Estado. Das 58 usinas existentes, 37 estavam em funcionamento produzindo gusa e 21 em fase de instalação. Apenas nove das usinas em funcionamento refinam o gusa para produção do aço: Barão de Cocais, Queiroz Júnior, Laminação de ferro (Contagem), Aços Laminados Itaúna, Acesita, Mannesmann, Cia Laminação Pains e Belgo Mineira (Sabará e Monlevade). E apenas as seis últimas são integradas. Das usinas em fase de montagem apenas a Usiminas seria integrada. De qualquer forma, este levantamento demonstra o constante desenvolvimento siderúrgico do Estado nesta época (O Pioneiro nº102, maio de 1960).

Nesse período de intenso desenvolvimento industrial foram criadas a Usiminas em 1958, que começa a operar em 1962, e a Cosipa em 1959, estabelecendo junto com a CSN uma base siderúrgica nacional. Todo esse movimento desenvolvimentista acabou por gerar um quadro crítico no país, com aumento da inflação e dívida externa. Houve um intenso movimento migratório do campo para as cidades e tem início o movimento da classe operária. A crise se agrava a partir de 1962, governo de João Goulart, e cai o PIB do país. O movimento militar de 1964 estabelece um regime autoritário, baseado em um novo modelo econômico e financeiro. A siderurgia foi dos setores que mais sentiu a crise na década de 60. A oferta de produtos era grande e houve uma diminuição no consumo de aço. Baseado em políticas estatizantes, o governo traça um planejamento siderúrgico para desenvolvimento do setor e na década de 80 são criadas a Companhia de Tubarão e Açominas (MOYEN, 2007).

Conforme aponta Moyen (2007), a Belgo-Mineira, embora praticamente não tivesse concorrente em seus principais mercados, foi afetada pelos fatores externos e vivia uma crise interna administrativa. A cidade de Monlevade ganha emancipação em abril de 1964, iniciando assim seu desenvolvimento urbano. A empresa passa por uma mudança de postura,

abandonando um perfil de “empresa familiar” adotando uma política mais formal, profissional, baseada em planejamento estratégico. Em 1967, na fase do chamado “milagre brasileiro”, a economia volta a crescer. Ruy de Castro assumiu a direção da Belgo de 1967 a 1973 e foi Presidente da diretoria de 1974 a 1976. Hans Sclacher foi diretor entre 1970 e 1976 e Presidente entre 1977 e 1990. A empresa passa a se especializar cada vez mais em trefilados especiais, insumos industriais direcionados a empresas especializadas, diferenciando seus produtos das pequenas siderúrgicas e das estatais.

Ainda segundo Moyen (2007), na década de 70, “Sabará continuava parte importante do conjunto, especialmente em relação à oficina mecânica, à fundição e à aciaria que, mesmo já praticamente desativada, servia para suprir Monlevade de aço, quando necessário. Apenas na década de 80, Sabará receberia novas missões, integrando-se à área de trefilados do Grupo”.

A empresa passou por intensa modernização para agregar valor e aumentar a qualidade de seus produtos trefilados. Os investimentos foram feitos não apenas na unidade de Monlevade, mas também Sabará e Contagem. Em 1975 surge a Belgo-Mineira Bekaert Artefatos de Arame Ltda, resultado de uma associação entre Belgo, Bekaert e ARBED, que resultou na criação de uma fábrica em Vespasiano (MOYEN, 2007).

Moyen (2007) descreve que com o “choque do petróleo” desencadeado pelo cartel dos países produtores em 1973, a economia mundial se desestabilizou, o que levou ao aumento dos juros e conseqüentemente, da dívida externa e inflação. O governo ainda se manteve estável até 1979, quando uma nova alta nos barris de petróleo instaurou uma crise mundial, fizeram com que Figueiredo, presidente entre os anos de 1979-1985, adotasse uma política econômica recessiva. A Belgo buscou alternativas, com a diminuição das importações e buscou nacionalizar os equipamentos e tecnologia, com a ampliação das oficinas e forja de Sabará.

A crise levou ao fim do regime militar. Tancredo foi eleito pelo voto indireto em 1985, inaugurando a Nova República, falecendo na véspera da posse, sendo sucedido por José Sarney. Moyen (2007) aponta ainda que a década de 80 ainda passou por grandes dificuldades econômicas, a Belgo conteve gastos, mas procurou manter o desenvolvimento industrial, inclusive com a diversificação para outros setores. E nesse período ocorreram inclusive várias incorporações de empresas de menor porte, consolidando uma ideia de corporação, com atuação em diversas áreas. Além disso, foi constante o investimento e modernização das

atividades siderúrgicas, sendo, por exemplo, destinado recurso para construção de um sistema de lingotamento contínuo.

E foi nessa mesma época o início dos movimentos trabalhistas, fortalecimento dos sindicatos e a criação do PT, Partido dos Trabalhadores. No final dos anos 80 surgem os programas de qualidade total, que acabou por gerar novos rumos para o Grupo Belgo-Mineira (MOYEN, 2007).

A produção dos laminados comuns vai sendo diminuída em função da limitação da produção do aço a partir do carvão vegetal. A empresa deixa de produzir laminados, como vergalhões e perfis em 1988 (MOYEN, 2007).

A partir de 1990 tem início uma “era de competição global”, época marcada por grandes avanços tecnológicos, que tornavam o mercado cada vez mais competitivo. As mudanças aconteceram de forma acelerada em todas as áreas e a competitividade seria garantida pela atualização, investimento constante e garantia de qualidade, para atender a um mercado cada dia mais exigente. Além disso, passa a ser imprescindível uma política de divulgação e marketing.

Fernando Collor assume a presidência da República em 1990, eleito com voto direto, e adota uma política de abertura econômica, com incentivo às importações, privatização das indústrias de base e globalização da economia. Nessa época são privatizadas grandes usinas estatais como: CSN, Usiminas e Vale. Denúncias de corrupção levam ao impeachment do presidente em 1992, assumindo o vice Itamar Franco. O resultado é um completo descontrole da inflação e recessão econômica. A nova política econômica se consolida com a implantação do plano Real em 1994 (MOYEN, 2007).

O cenário mundial apontava para tendências de fusões entre grandes grupos e necessidade de reestruturação e modernização imediata. O avanço das “mini-mills”<sup>4</sup> desmistificava a idéia de

---

<sup>4</sup> “mini-mills, usinas que utilizavam fornos elétricos e que lançavam o conceito de uma nova rota tecnológica semi-integrada, a partir da sucata.” (MOYEN, 2007).

“ (...) a denominação mini-mills deve-se à rota tecnológica – uma combinação de aciaria e forno elétrico a arco com processos compactos como o lingotamento contínuo – aliada à utilização de modernas práticas gerenciais. As mini-mills se diferenciam das usinas integradas, não só pelas fases iniciais de elaboração do aço, mas, principalmente, pela mínima escala eficiente de produção, pelo baixo capital investido, pela maior adaptabilidade ao mercado e pelo estilo gerencial próprio.” (Informe Setorial BNDES – set. 2003, apud MOYEN, 2007)



que apenas as indústrias integradas eram capazes de produzir aço de qualidade. A Belgo precisava modernizar ainda mais sua operação, para se manter competitiva, pois continuava a operar com carvão vegetal e já não havia mais espaço físico para instalação de alto-fornos. As mudanças acontecem gradativamente e por volta de 1989 o maior alto-forno é adaptado para operar a coque<sup>5</sup>. Com a liberação das importações se tornava mais fácil e economicamente rentável substituir o carvão vegetal pelo coque (MOYEN, 2007).

Segundo descreve Moyen (2007), o início da década de 90 foi de crise para o setor siderúrgico e a Belgo passou por sérias dificuldades para se reestruturar dentro deste novo cenário mundial e a concorrência ameaçava inclusive na área de trefilados. Foi implantado um Plano de Garantia de Qualidade e as 37 empresas foram divididas em oito unidades de negócios: mineração, reflorestamento, aço, arames, arames especiais, parafusos, peças automotivas e sistemas. As mudanças foram enormes, na busca de uma racionalização para se tornar ágil e produtiva. Foi nesse momento que encerrou entre outras atividades, a Fundação de Sabará, considerada não estratégica. Também houve uma redução no número de empregados.

Aos poucos a empresa se reestabeleceu e define três eixos de investimento: mineração, trefilados e investimentos com incorporação de mini-mills, operadas a base de sucata. O ano de 1994 marca o início de uma série de incorporações, com a compra da Cofavi no ES, voltando a produzir vergalhões e também estabelece um Plano de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial. Em 1995 arrendou e logo incorporou a Mendes Junior em Juiz de Fora. Com novas aquisições, baseada em modelos das mini-mills, a empresa consegue se manter entre as líderes e aumenta sua produtividade. Também passaram por inovações outras unidades de negócio como a Samitri, a Samarco e a BMB (Belgo Mineira Bekaert), que abriu nova unidade em Itaúna e passou a chamar Belgo Bekaert Arames em 2000 (MOYEN, 2007).

Ainda conforme Moyen (2007), outras ações se destacam como a construção de duas novas hidrelétricas. E a continuidade no processo de modernização da operação de Monlevade, com o início de construção de um novo alto-forno a coque, que viria substituir cinco antigos altos fornos a carvão vegetal. Investimento feito com aumento de capital pelos acionistas, venda de ações da trefilaria para Bekaert e vendas de outras empresas e participações minoritárias.

---

<sup>5</sup> Coque - agente redutor, proveniente do carvão mineral, utilizado no processo de redução do ferro em alto-forno na usina siderúrgica. O coque é obtido a partir da destilação do carvão mineral em fornos, na ausência de ar num tempo estabelecido. (ABCM - <http://www.carvaomineral.com.br>)

Pioneira no setor nacional de aços não planos, a empresa adquire ISO 9002 em 1995. Em 1999 é lançado novo plano de desenvolvimento, que previa incorporações, fusões e vendas. Com foco nas atividades siderúrgicas, em 2000, a Samitri, empresa de mineração, foi vendida para a Companhia Vale do Rio Doce. Adquire participação na Acindar, indústria argentina e outras importantes associações que levou o Grupo a posição de “maior produtor de arames do continente americano e terceiro maior produtor de cabos de aço do mundo” (MOYEN, 2007).

Com o processo de modernização de sua operação, investimentos e aquisições a produção de aço passou de 750.000 toneladas/ano para 5.000.000 toneladas/ano. Com todo esse crescimento, em 2001, ocorre a fusão de três grandes grupos: ARBED, a Francesa Usinor e a espanhola Aceralia, criando a Arcelor, reconhecida como uma “gigante do setor siderúrgico mundial” (MOYEN, 2007).

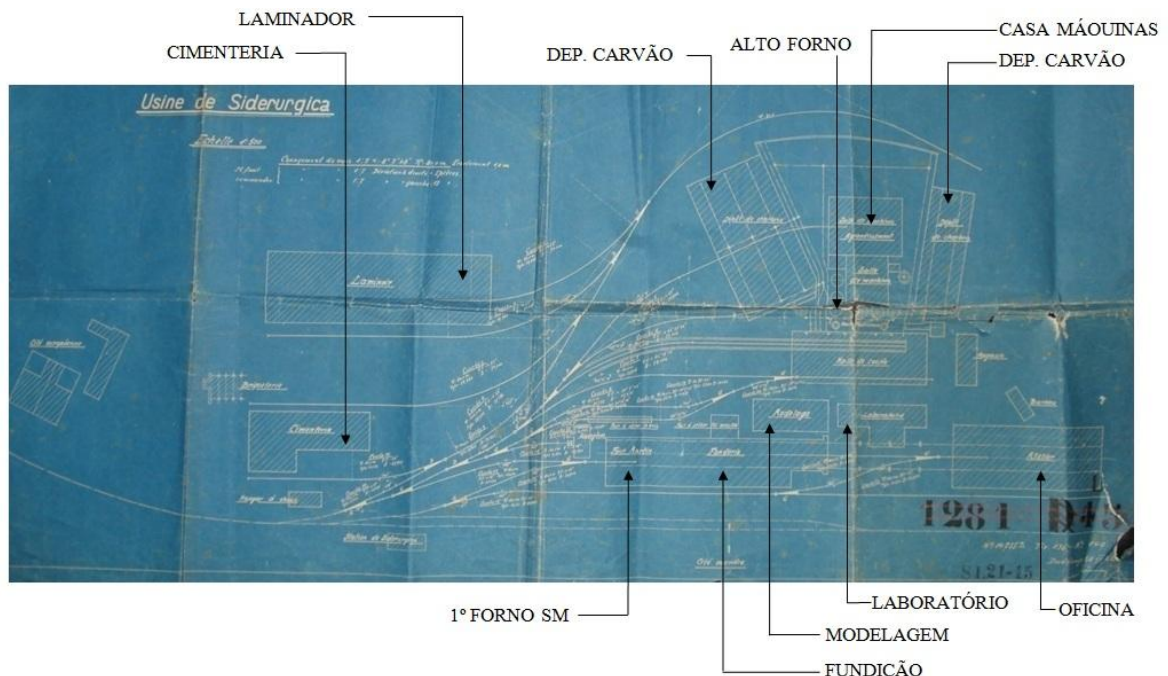
Em 2005 é criada a Arcelor Brasil, uma resultado da fusão da Belgo, CST - Companhia Siderúrgica de Tubarão e Vega do Sul. A operação ocorreu da seguinte forma, a Belgo foi escolhida como veículo societário para concentrar as participações do Grupo Arcelor no País, incorporando as empresas Arcelor Aços do Brasil Ltda e a APSL ONPN Participações S.A., detentoras das ações da CST. Por sua vez, a Vega do Sul, especializada em produtos planos para indústria siderúrgica, foi criada em 2004 pela Arcelor e CST (MOYEN, 2007).

Descrever a trajetória da Belgo é apresentar, em grande parte, a história econômica e política do Estado de Minas Gerais e do país, que recebe os efeitos externos do cenário mundial. Esse percurso de quase 100 anos, passou por duas Guerras Mundiais, duas revoluções, um conturbado período de regime militar de 1964 a 1985, além de outros fatos que provocaram variações no cenário industrial. Sem dúvida, uma história rica, que se fez fundamental no desenvolvimento industrial do Estado e do Brasil, um legado do patrimônio industrial mineiro, originado pela audácia e espírito empreendedor de engenheiros formados na Escola de Minas de Ouro Preto e levado à frente pela coragem e trabalho de diversos Homens que se destacaram, pois acreditavam no potencial siderúrgico do estado.

### **2.2.1 – Evolução da ocupação industrial da Siderúrgica Belgo Mineira em Sabará**

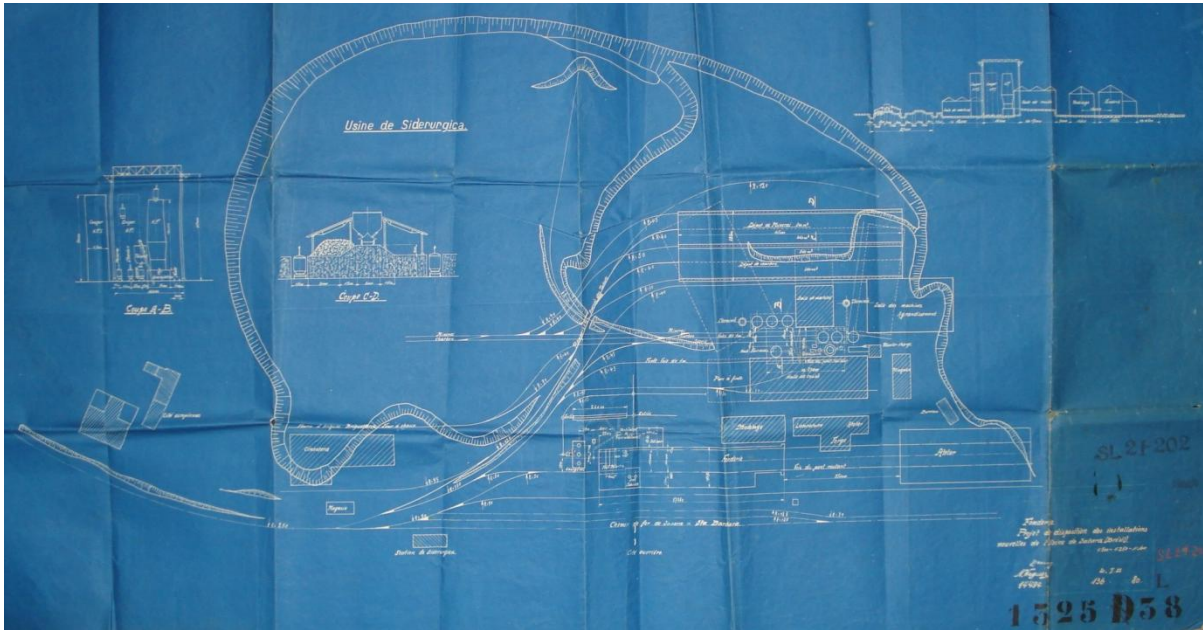
A análise aqui apresentada é baseada em pesquisa histórico-documental, coleta de acervo iconográfico, consultas às plantas cadastrais e projetos executivos, elaborados para implantação e ampliação das instalações da Usina Siderúrgica Belgo Mineira em Sabará.

A pesquisa da evolução da ocupação se restringe à área industrial e em especial aos galpões ainda hoje preservados: Fundição, Modelagem e Oficina Mecânica. Através da implantação apresentada abaixo, figura 2.7, datada de 28 de outubro de 1922, emitida pela Divisão de Dudelange, Luxemburgo, é possível verificar a localização das diversas atividades: Fundição, Modelagem, Oficina, Laboratório, 1º Forno Siemens Martin, Laminador, Alto-Forno, depósito de carvão, cimentaria, entre outros.

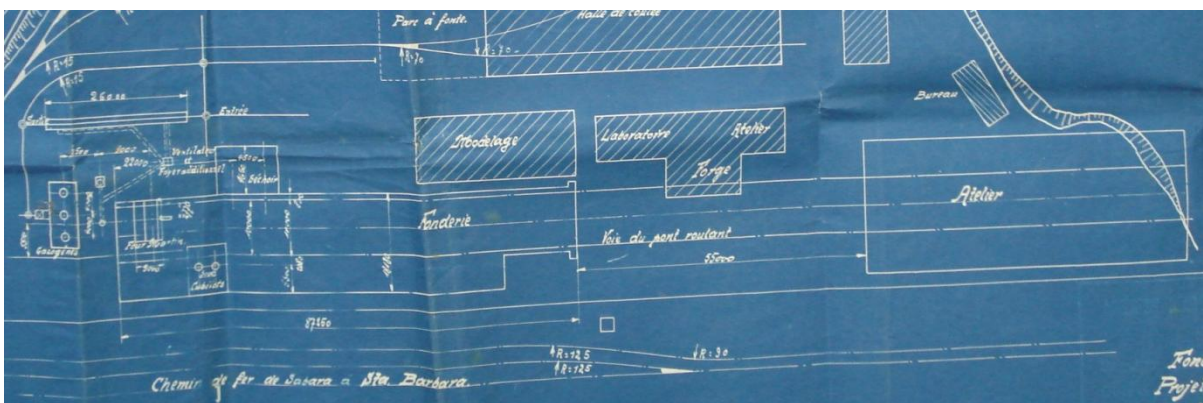


**Figura 2. 7: Implantação Usina Siderúrgica Belgo Mineira em Sabará - 28 de set. de 1922**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

Na figura 2.8, referente ao projeto de distribuição das instalações, é possível verificar a sequência dos galpões: 1º Forno Martin, Fundição e Oficina, estes últimos separados por um vão de ponte rolante, descoberto. Na lateral e junto da Fundição é possível verificar o galpão da Modelagem e ao longo do vão da ponte rolante observa-se uma construção destinada ao laboratório. A figura 2.9 apresenta detalhe ampliado do trecho em questão.



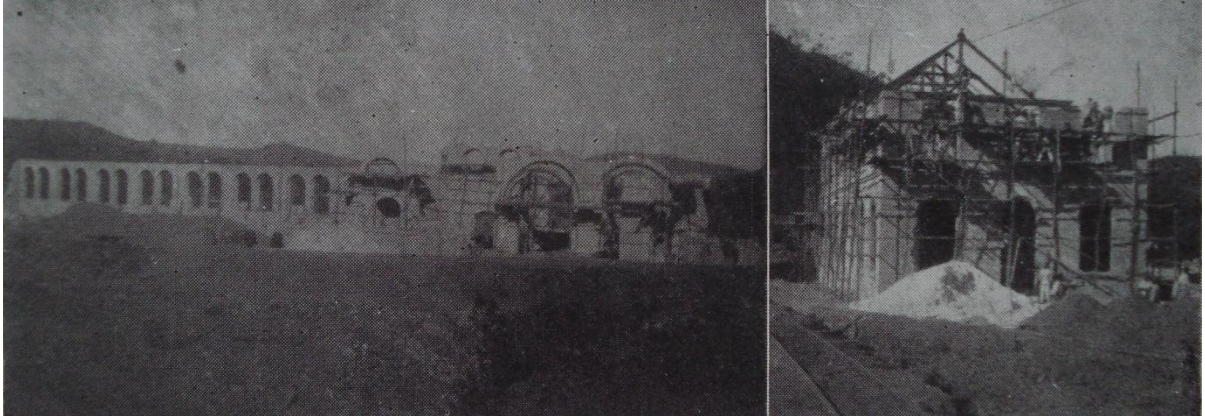
**Figura 2. 8: Projeto de distribuição das instalações da Belgo Mineira – planta de 20 de fev. de 1922**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**



**Figura 2. 9: Detalhe planta – Projeto de distribuição das instalações da Usina Belgo Mineira**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

Segundo uma publicação da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira em 1953, com o objetivo de ampliar as instalações da pioneira Companhia Siderúrgica Mineira, primeiramente foram construídas e instaladas a fundição, uma oficina mecânica e outra de eletricidade. O primeiro forno de aço, Siemens Martin de 6 toneladas, foi instalado em 1925, a partir de um prolongamento da edificação da Fundição. No ano seguinte, em 1926 é instalado o Laminador. Neste caso, existe uma discordância de datas, pois segundo Moyon (2007), o laminador passou a funcionar já em 1925, que destaca, a partir deste momento, a Usina Siderúrgica Belgo Mineira, se torna a “primeira usina integrada da América do Sul”. Uma foto, apresentada no livro, Minas Gerais em 1925, registra momento da visita da comitiva do presidente Mello Viana, em 24 de janeiro de 1926, onde os laminadores já estavam em funcionamento.

No jornal O Pioneiro n°98 foram publicadas fotos das primeiras obras iniciadas em 1922, figura 2.10, a imagem da esquerda é descrita como construção das edificações da Fundação e Oficina Mecânica. A foto à direita trata-se da construção do prédio da Modelagem. Ambas parecem executadas em alvenaria, com apuro técnico e formal, inclusive no ritmo e proporção das aberturas com verga em arco. O Anexo A apresenta imagens do projeto original da Fundação, datado de 1921.



**Figura 2. 10: Obras dos primeiros edifícios em 1922.**

**Fonte: Pioneiro n°98 jan. 1960. Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

O projeto original do prédio da Modelagem, Anexo B, foi datado de julho de 1921, o que nos faz supor que foi construída logo no início das instalações. Prova disso é uma antiga foto datada de 1923, figura 2.11, publicada no jornal O Pioneiro de 1959, onde o prédio da Modelagem, o mais alto de duas águas, já aparece construído. Na imagem a Fundação aparenta estar em construção, a casa em primeiro plano seria destinada ao escritório da empresa e também é possível notar o primeiro alto-forno a esquerda da foto.



**Figura 2. 11: Vista da Usina em 1923.**

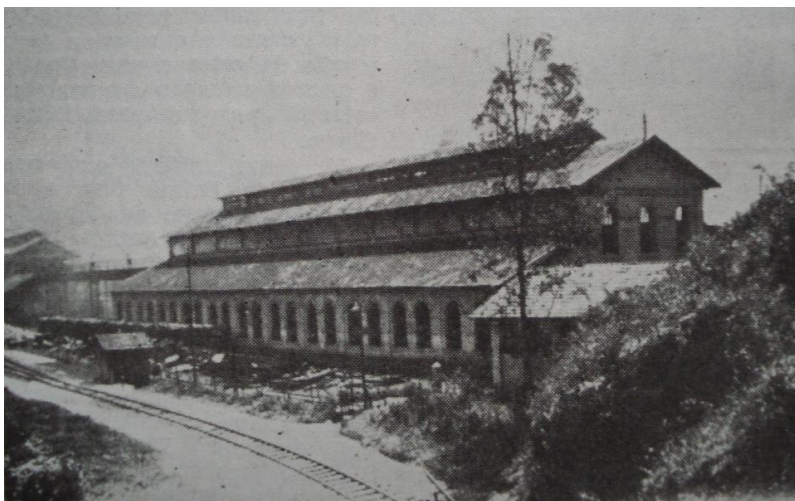
**Fonte: Pioneiro n°94 set. 1959. Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

A foto apresentada na figura 2.12, revela o panorama da Companhia e suas instalações industriais em meio a uma paisagem ainda de mata nativa abundante. O número de chaminés indica que a foto foi tirada por volta de 1927, pois parece já existir o forno Siemens Martin e o Laminador.



**Figura 2. 12: Vista da Usina na década de 20.  
Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

O prédio da Oficina Mecânica, construído logo nos primeiros anos das instalações da Belgo Mineira foi registrado em 1928, figura 2.13. De acordo com o Jornal O Pioneiro n°158 de 1965, nesta edificação também funcionava uma oficina de reparação de material elétrico. No fundo encontrava-se o escritório central e à direita se pode ver o telhado da garagem da locomotiva. O prédio apresenta uma tipologia arquitetônica característica, com volume central marcado com cobertura em telha cerâmica e abertura superior através de lanternin, volumes mais baixos na lateral e um ritmo de aberturas em arco. A edificação apresenta proporção, simetria e apuro formal, próprio de sua época.



**Figura 2. 13: Oficina Mecânica em 1928  
Fonte: Pioneiro n°158, jan. 1965. Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

A aciaria foi aos poucos sendo ampliada. A figura 2.14 abaixo, data provavelmente de 1927, época da construção do segundo forno Siemens Martin, na lateral do primeiro forno SM, conforme descrito em Publicação da Belgo Mineira em 1953. Atrás do esqueleto em estrutura metálica da construção esta o Prédio da Modelagem. A grande edificação, na lateral direita, se refere ao volume da Fundição que foi acrescida com o primeiro forno de aço SM. À frente da Fundição é possível verificar o gasôênio.

No registro fotográfico, figura 2.15, é possível verificar os pilares metálicos de construção do terceiro forno SM, datado de 1931, conforme Publicação Belgo Mineira em 1953 e Moyen (2007). Trata-se do prolongamento da edificação do segundo forno SM.



**Figura 2. 14: Construção do 2º Forno SM – 1927**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**



**Figura 2. 15: Construção do 3º Forno SM – 1931**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

A foto apresentada na figura 2.16 retrata o interior do forno Siemens Martin 02 em plena atividade. O galpão construído em estrutura metálica foi erguido na lateral do galpão da Fundição, que pode ser visualizado ao fundo coberto por tesouras em madeira.

A data exata de construção do segundo alto forno, figura 2.17, também é duvidosa, pois Moyen (2007) registra que foi implantado em 1929 e a publicação da Belgo de 1953 informa que este alto forno entrou em funcionamento no ano de 1928.



**Figura 2. 16: Vista interna do Forno SM na lateral da Fundição.**

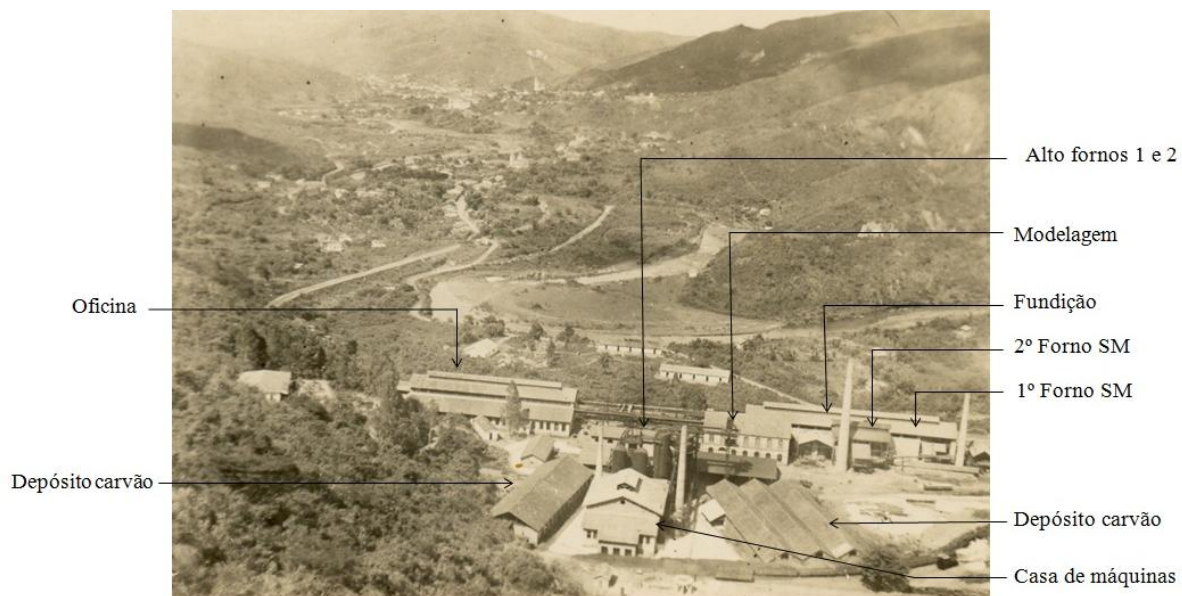
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**



**Figura 2. 17: Vista do segundo alto-forno.**

**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

As fotos abaixo, figura 2.18 e 2.19, revelam vistas panorâmicas da usina siderúrgica de Sabará, na transição da década de 20 para a década de 30, já sendo possível observar a edificação do segundo forno SM na lateral da fundição construído em 1927, além do segundo alto-forno, com data provável de 1928/1929.



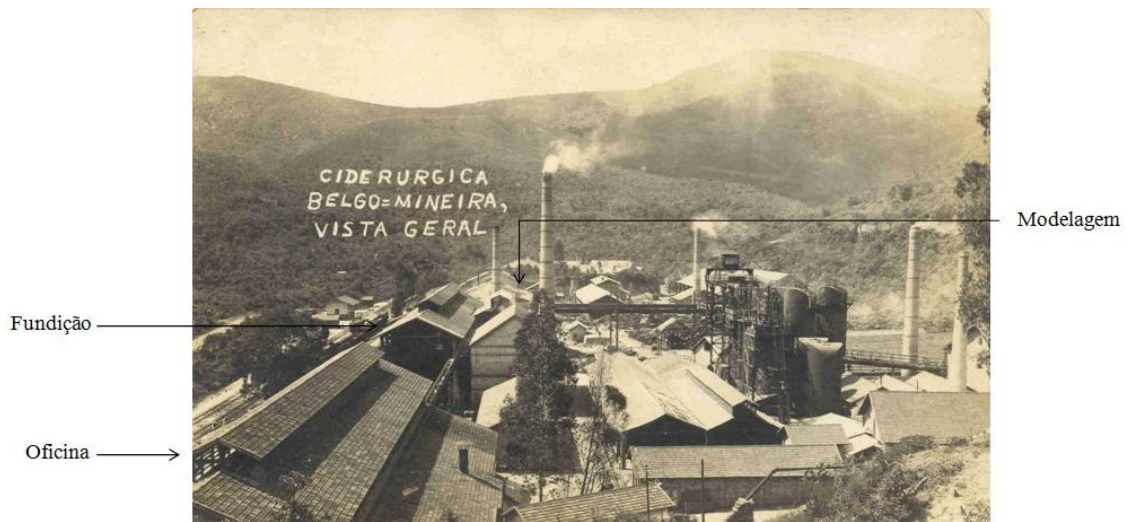
**Figura 2. 18: Vista Usina Belgo Mineira transição entre década de 20 e 30**

**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

Na figura 2.19, à esquerda se destaca a sequencia de galpões, oficina mecânica, vão da ponte rolante e Fundição/Aciaria. Detalhe para a cobertura em telhas francesas. É possível notar a



edificação destinada a Modelagem ao lado da Fundição e o Forno SM a sua frente. Detalhe para os dois altos fornos já existentes.



**Figura 2. 19: Vista Usina Belgo Mineira entre a década de 20 e 30**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

A figura 2.20 apresenta o cenário da usina Belgo Mineira ainda na primeira década de funcionamento, presumivelmente na transição da década de 20 para 30. A fachada no centro da foto é da Fundição, onde já se pode notar o prolongamento de seu volume para início da instalação do primeiro forno Siemens Martin da Aciaria. A existência da chaminé logo atrás revela que o segundo forno também já estava instalado. A edificação, assim como a Oficina Mecânica apresentava tipologia arquitetônica bem definida, proporção e ritmo nas aberturas com verga em arco, além do característico lanternin na cobertura.



**Figura 2. 20: Vista Usina Belgo Mineira entre a década de 20 e 30**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

As fotos internas revelam de forma clara a grandeza e composição estrutural dos antigos galpões, além do apuro técnico e formal da tipologia arquitetônica. A edificação destinada à

Fundição, figura 2.21, foi construída em alvenaria estrutural de tijolos, apresentando paredes robustas. O salão principal de pé direito alto possui aberturas com verga em arco nas paredes laterais, que se abrem a esquerda para uma ala lateral compartimentada e a direita faz divisa com o prédio da modelagem e com os fornos Siemens Martin 1 e 2. A edificação recebeu aberturas superiores através de vãos e janelas altas sobre as alvenarias, que condicionam boa iluminação, além de lanternin na cobertura, que favorece a ventilação do local de trabalho. As imagens antigas retratam a estrutura da cobertura em tesouras de madeira, cobertas por telhas francesas. O perfil metálico superior, inserido na alvenaria, permite o caminhamento da ponte rolante.



**Figura 2. 21: Vista interna da Fundição por volta de 1930**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**



**Figura 2. 22: Vista interna da Aciaria durante visita de autoridades Forno Siemens Martin 1**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

O Forno Siemens Martin 1 instalado no prolongamento da fundição parece ter sido coberto com tesouras metálicas. O Forno SM 2 instalado na lateral possuía ligação superior, através de passarela metálica, conforme pode ser visto na figura 2.22. O Anexo C apresenta corte da Fundição e do forno SM instalado em sua lateral.

A edificação destinada à Oficina Mecânica, figuras 2.23 e 2.24, possui estrutura híbrida, com vedação externa em alvenaria estrutural de tijolos e pilares internos treliçados, formados por uma composição de perfis metálicos, que delimitam o salão central de grande pé direito entre duas galerias laterais. A iluminação é garantida por janelas com verga em arco, que se abrem harmonicamente nas paredes externas, além de abertura na parte superior, ao longo do galpão, no encontro dos pilares com a cobertura principal, executado com estrutura em madeira que sustenta as tesouras, apoiado sobre os pilares metálicos. No telhado, estruturado com tesouras de madeira e coberto com telhas francesas, destaca-se o lanternin, que assim como na Fundição/Aciaria favorece a ventilação. O trilho superior para condução da ponte rolante foi

inserido no topo dos pilares metálicos. Os consoles existente nos pilares servem de apoio para a estrutura em madeira das coberturas laterais. Algumas imagens do projeto original da Oficina, datado de 1921 e 1922 é apresentado no Anexo D.

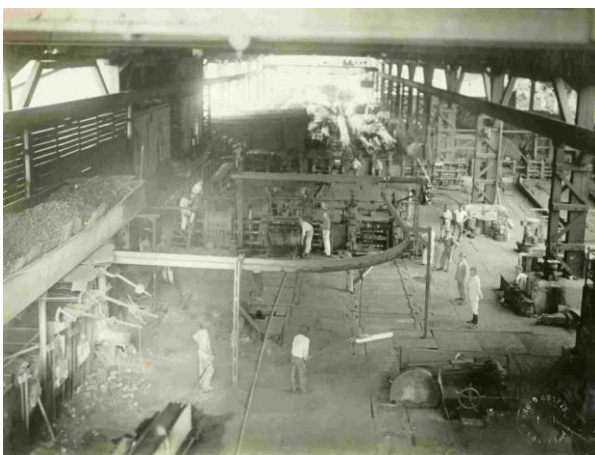


**Figura 2. 23: Vista interna da Oficina Mecânica**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**



**Figura 2. 24: Vista interna da Oficina Mecânica**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

O galpão do laminador, figuras 2.25 e 2.26 possui uma tipologia arquitetônica simples e sistema estrutural em madeira. Os pilares apresentam composição treliçada que remete aos pilares metálicos da Oficina, o que revela uma transposição de técnica construtiva com uso de material diferente. A estrutura principal é exercida por uma peça em madeira, que se prolonga recebendo a carga do telhado. Um segundo esteio é fixado por travessas horizontais e diagonais que se cruzam em ambos os lados, formando assim um console superior destinado a receber o trilho para condução da ponte rolante. O telhado foi executado com tesouras em madeira, provavelmente coberta com telhas cerâmicas. O Anexo E apresenta um corte do projeto do laminador datado de 1923.



**Figura 2. 25: Vista interna Laminador por volta de 1930.**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**



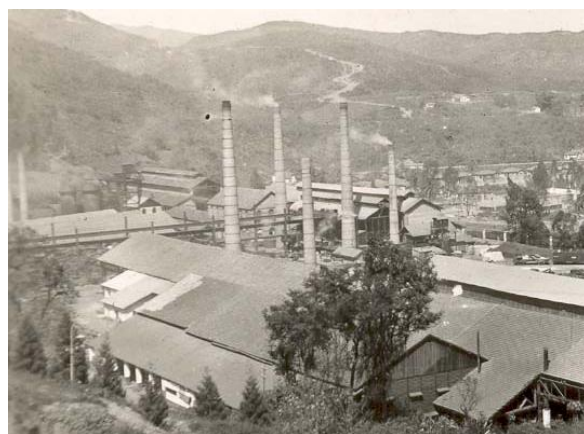
**Figura 2. 26: Vista externa do Laminador.**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

Interessante ressaltar como as estruturas dos galpões apresentados exercem uma função na operação das atividades a serem desenvolvidas, sendo em geral suporte para as pontes rolantes, elemento essencial na produção siderúrgica.

Na imagem registrada em 1935, figura 2.27, os altos fornos e galpões destinados à Fundição e Aciaria aparecem na parte posterior. Nesta época a aciaria já consta de três fornos Siemens Martin. Na lateral direita, próxima a chaminé, encontra-se o laminador. Também a imagem seguinte, figura 2.28, foi tirada na década de 30, já sendo possível verificar a composição de toda a aciaria com três fornos SM. A edificação em primeiro plano, que se pode ver toda a cobertura é o laminador.



**Figura 2. 27: Vista geral da Usina em 1935.**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

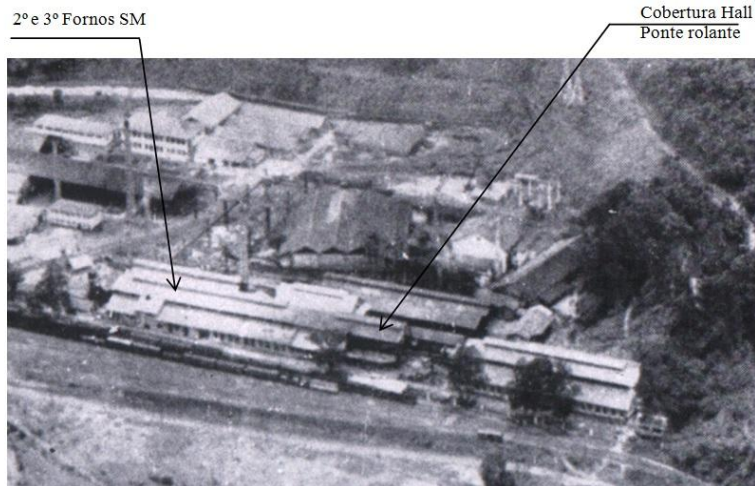


**Figura 2. 28: Vista da Usina provável década 1930.**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

A figura 2.29 tem como data provável o ano de 1952, foto esta apresentada em publicação da Belgo Mineira de 1953, onde se pode observar o terceiro forno SM construído em 1931 e também um prolongamento da cobertura da Fundição, cobrindo parte do vão destinado ao “vão de ponte rolante”, entre a Fundição/Aciaria e a Oficina Mecânica.

Segundo Publicação da Belgo Mineira em 1953, a Siderúrgica de Sabará, estava neste período equipada com dois altos-fornos com produção de 30.000 toneladas de ferro gusa anuais, três fornos SM com capacidade de 40.000 toneladas de aço por ano, um Laminador, uma Fundição (ferro, aço, bronze, anti-fricção e alumínio), uma Modelagem para fornecimento de moldes para Fundição, uma fábrica de tijolos e peças refratárias, uma oficina mecânica e outras auxiliares, além de laboratórios e escritórios. Para funcionamento das atividades, a usina possuía uma rede ferroviária interna.

Uma foto publicada em O Pioneiro nº 18 de 1955, figura 2.30, registra uma visita de médicos à usina em frente ao galpão da oficina mecânica, mas não revela o motivo da mesma.

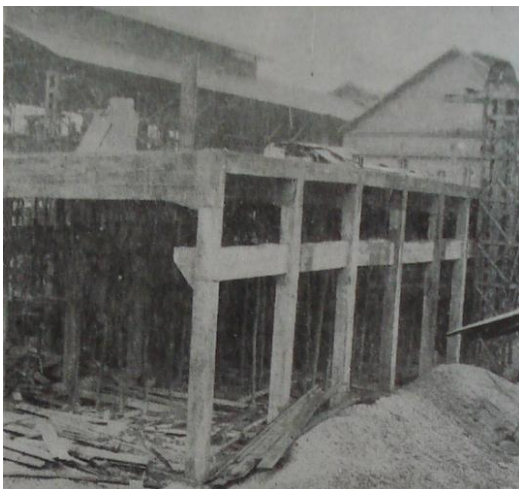


**Figura 2. 29: Vista Usina Belgo Mineira por volta de 1952**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**



**Figura 2. 30: Vista da Oficina Mecânica em visita de médicos à usina em 1955.**  
**Fonte: Jornal O Pioneiro, n° 18, set. de 1955. Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

Em fevereiro de 1957, tem início uma fase de expansão na Usina de Sabará. De acordo com reportagem no Jornal O Pioneiro, uma nova construção é realizada para instalação de nova Fundição no primeiro pavimento e vestiário no segundo pavimento, concluída em 1959. De acordo com a foto da obra, figura 2.31, a nova edificação em estrutura de concreto foi construída junto ao prédio da Modelagem. Os planos de expansão da veterana indústria Siderúrgica continua. O Jornal O Pioneiro de dez. de 1959, anuncia que o prédio da fundição de metais e vestiários já está concluído e já se pode verificar os obras em estágio avançado de novo galpão em estrutura metálica, onde será instalado um forno de recozimento de peças, figura 2.32.

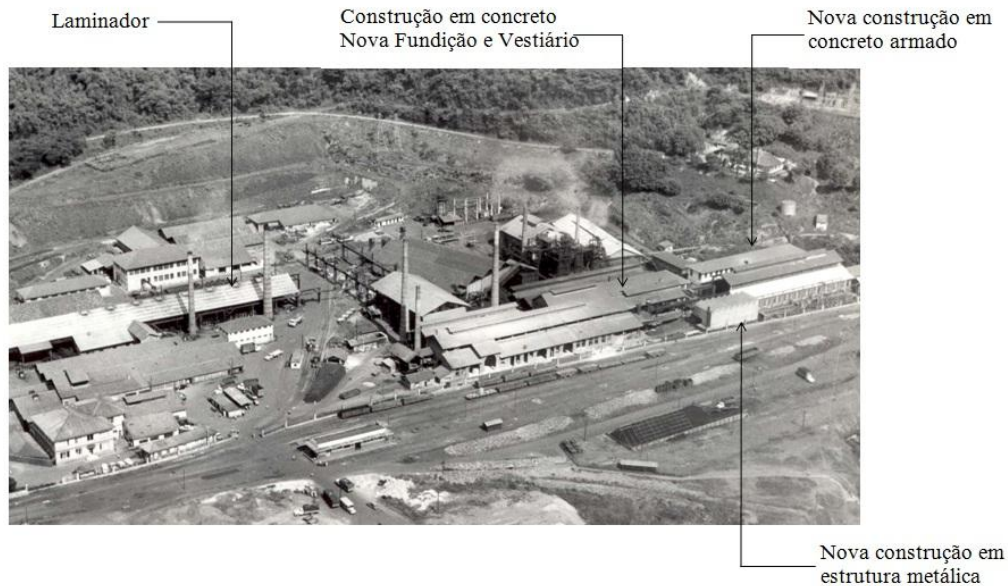


**Figura 2. 31: Construção nova fundição e vestiário**  
**Fonte: Jornal O Pioneiro, n° 52, fev. de 1957. Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**



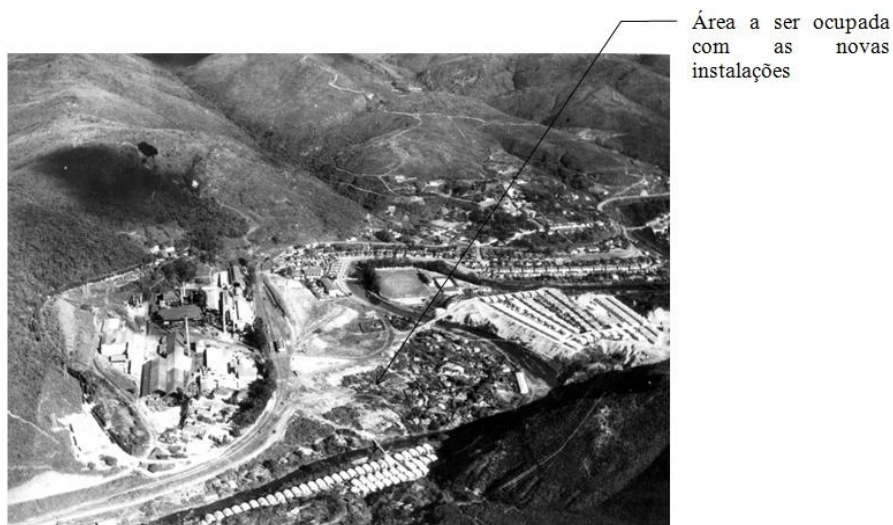
**Figura 2. 32: Obras de ampliação da Fundição no final de 1959.**  
**Fonte: Jornal O Pioneiro, n° 97, dez. de 1959. Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

Sendo assim, na década de 60 a área industrial se amplia e adquire uma nova conformação, figura 2.33, com a construção de duas novas edificações em concreto armado, a primeira junto à Modelagem, destinada à nova fundição e vestiário e outra ao lado da antiga Oficina Mecânica. O novo galpão em estrutura metálica, construção mencionada acima já esta concluída com cobertura em shed, próximo ao vão da ponte rolante. Segundo Pioneiro n°131 de 1962, o primeiro forno Siemens Martin é demolido em 1961.



**Figura 2. 33: Vista Usina Belgo Mineira na década de 1960**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

Joseph Hein, então diretor geral, anuncia em publicação do jornal O Pioneiro de 1960, o terceiro plano de expansão para área central, visando modernizar as instalações da Usina de Sabará. As novas instalações seriam implantadas em amplo terreno ao lado, figura 2.34.



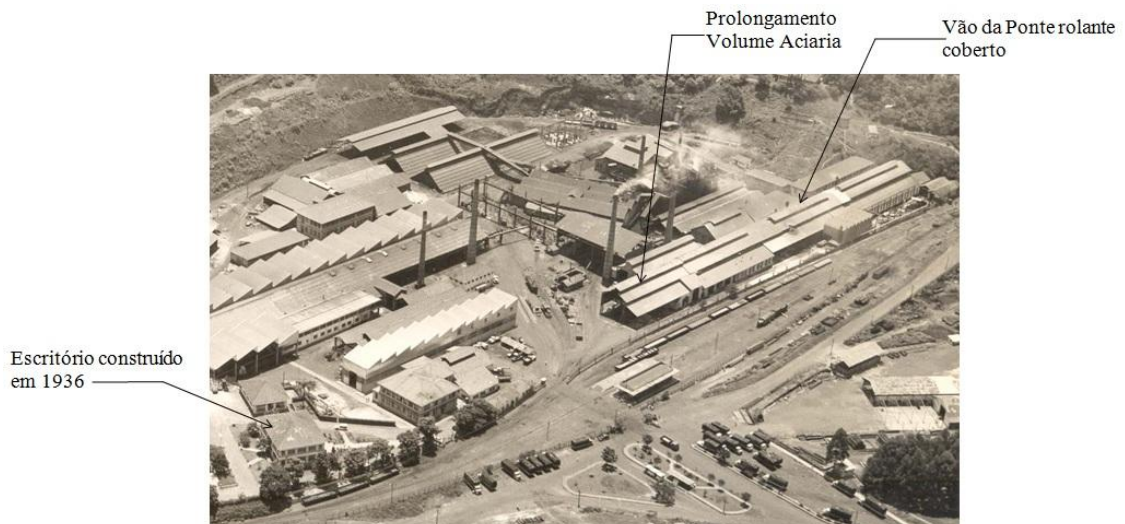
**Figura 2. 34: Vista da área destinada às novas instalações da Usina Belgo Mineira na década de 1960**  
**Fonte: Jornal O Pioneiro, n°101, abril 1960. Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

Uma nova obra é realizada em frente à Fundição, figura 2.35, com a demolição do gasogênio e o prolongamento da cobertura com a inserção de novos pilares metálicos. A nova proposta visa racionalizar o transporte para o laminador e liberar a área entre a oficina e fundição.



**Figura 2. 35: Obra ampliação do hall do forno de aço**  
**Fonte: Jornal O Pioneiro, n° 137, abril 1963. Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

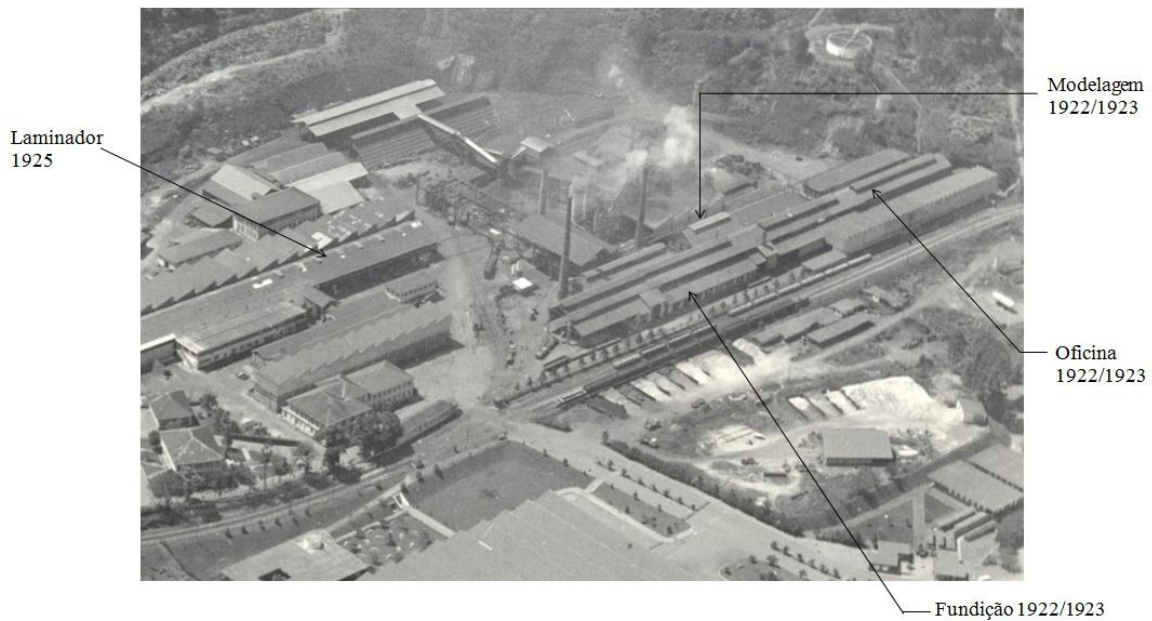
Um registro realizado em 1971, figura 2.36, mostra a nova conformação do volume da Fundição com a nova construção realizada através de um prolongamento da edificação destinada à Aciaria. Além disso, é possível notar outros novos galpões, dois com cobertura em shed, o maior ao lado do antigo laminador e outro em local antes destinado à cimenteria. Um conjunto de três novas edificações destinadas a depósito de carvão foi erguido na parte posterior do terreno. O antigo vão da ponte rolante, entre a Fundição e a Oficina foi completamente coberto.



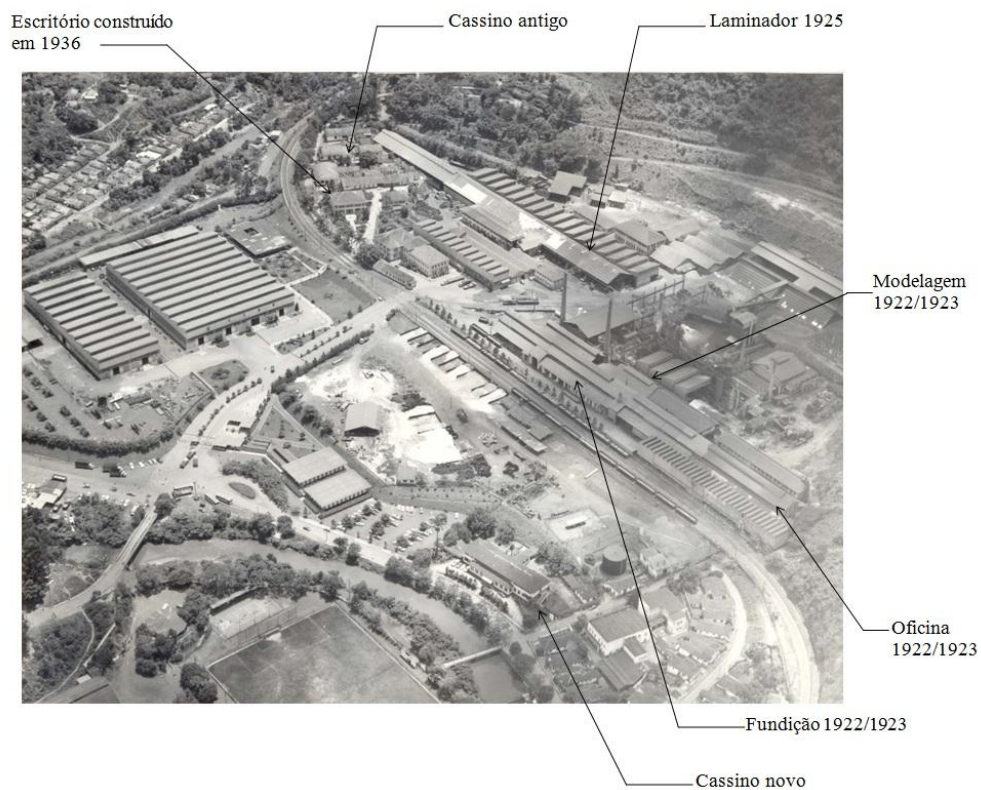
**Figura 2. 36: Vista Usina Belgo Mineira em 1971**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

Em registros de 1980, figuras 2.37 e 2.38, observa-se que o galpão em estrutura metálica com cobertura em shed foi ampliado. Os antigos galpões para depósito de carvão, ao lado da casa

de máquinas foram demolidos. E o plano terceiro plano de expansão é realizado, sendo possível ver a cobertura dos novos galpões construídos no terreno anteriormente vago.



**Figura 2. 37: Vista Usina Belgo Mineira em 1980.**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**



**Figura 2. 38: Vista aérea da Usina Belgo Mineira em 1980.**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

O cenário a partir dos anos 80 se transforma completamente, construções são realizadas para atender as novas demandas e gradativamente os antigos galpões vão sendo substituídos por

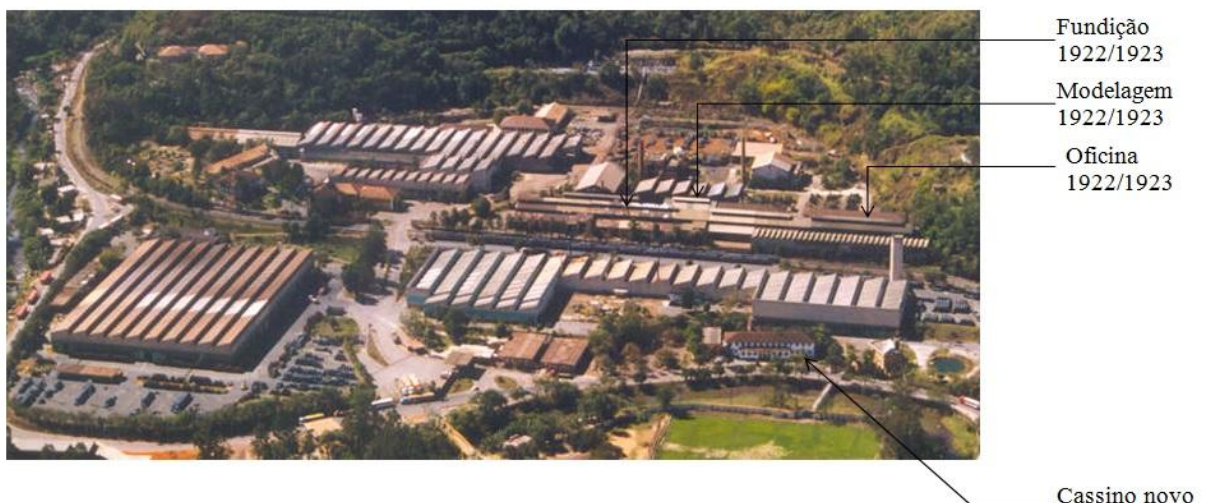


novas construções, como ocorreu com o antigo laminador e a cimenteira, observado em registro na figura 2.39.



**Figura 2. 39: Vista Usina Belgo Mineira após 1980**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

Os registros históricos e iconográficos confirmam que, com o tempo e as mudanças no panorama industrial a Usina passa por uma completa transformação na configuração da área industrial. As novas atividades passam a ser exercidas em novas estruturas, os fornos Siemens Martin começam a ser desativados já na década de 70, como descrito anteriormente, e a Fundição é encerrada na década de 90. Os antigos galpões considerados obsoletos para os novos processos de produção são abandonados. E dentro de um novo cenário industrial, as estruturas originalmente destinadas aos fornos de aço e outras construções adjacentes são demolidas. A Fundição, a Oficina Mecânica e a Modelagem (figura 2.40) são as únicas estruturas que, apesar de inoperantes, ainda hoje resistem ao tempo e se mostram como testemunhos das antigas instalações da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira.



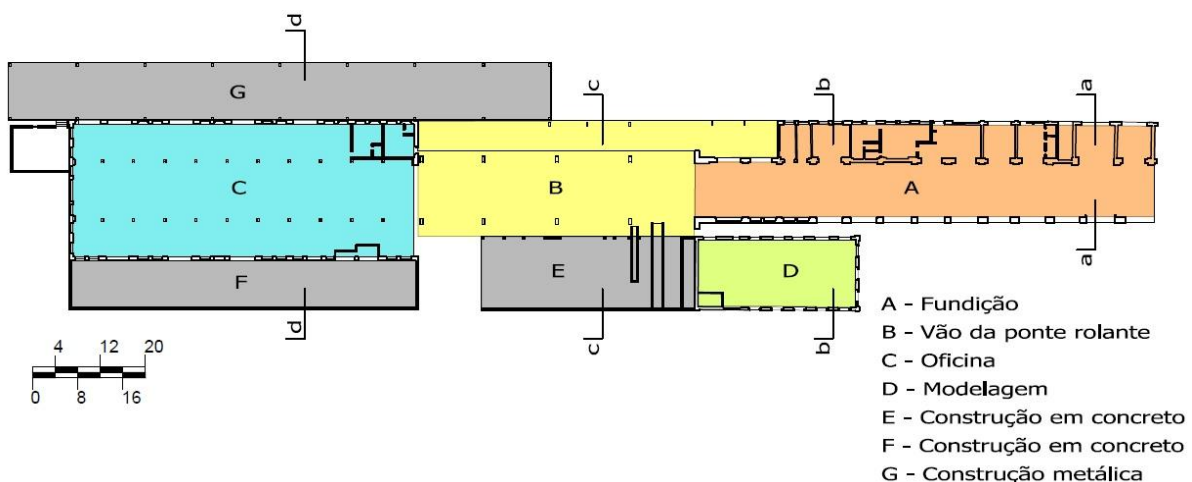
**Figura 2. 40: Vista Usina Belgo Mineira década de 90**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal**

### 2.3 - Pesquisa de Campo - Belgo Mineira

Conforme descrito na pesquisa histórico-documental da antiga Belgo Mineira, as instalações construídas durante os primeiros anos de implantação da companhia, encaixam-se no recorte temporal estabelecido para esta pesquisa.

Dos galpões instalados, muitos já foram demolidos e apenas as edificações da antiga Fundação, Oficina Mecânica e Modelagem, apesar de desativados, ainda são mantidos e guardam a tipologia arquitetônica e sistema construtivo da época.

Por se tratar de um complexo de galpões interligados, a descrição e análise serão feitas em conjunto, para melhor entendimento. Para melhor entendimento, os galpões foram identificados por letras em planta de levantamento, figura 2.41.



**Figura 2. 41: Planta das instalações da antiga Cia. Belgo Mineira em Sabará.  
 Fonte: Levantamento de campo.**

#### 2.3.1 – Descrição da tipologia construtiva

As edificações anteriormente destinadas à Fundação e Oficina Mecânica apresentam alinhamento e se encontram interligadas por uma cobertura sustentada por pilares metálicos destinados ao deslizamento de ponte rolante. A Modelagem foi construída na lateral da Fundação e possui acesso pela mesma através de um corredor lateral, formado pelo afastamento entre as duas construções.

A implantação e o sistema construtivo revelam em campo as novas edificações acrescidas ao conjunto, que já se mostram através de levantamento como intervenções posteriores. Duas

construções em concreto armado foram realizadas na lateral esquerda e logo atrás da Modelagem, uma ao lado do vão central, que divide a Fundição e Oficina, e outra ao lado da Oficina Mecânica. A análise em campo de algumas características construtivas, como aparência e fixação dos pilares metálicos, tipologia e inserção do volume no conjunto, indica que o galpão em estrutura metálica na lateral direita da Oficina Mecânica foi construído em época mais recente.

## A – Fundição



**Figura 2. 42: Fachada frontal - antiga Fundição**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 2. 43: Fachada lateral direita – antiga Fundição**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (31/03/11)**

A edificação originalmente destinada à Fundição, figura 2.42 e 2.43, possui característica da tipologia arquitetônica industrial do século XIX, com cobertura marcada pelo tradicional lanternin. As fachadas executadas com robustas paredes de alvenaria de tijolos cozidos, ainda preservam o ritmo e proporção das aberturas em arco pleno, figura 2.44. A edificação possui partido retangular, conformada por um salão principal de grande pé direito e volume mais baixo em sua lateral direita, compartimentado em vários espaços.

O volume se apresenta sólido e marcado pelas largas paredes que conformam a edificação. A construção ganha maior leveza na cobertura, devido às amplas aberturas no encontro com o telhado e pela entrada de luz superior, proporcionada por essas aberturas e pelo característico lanternin.

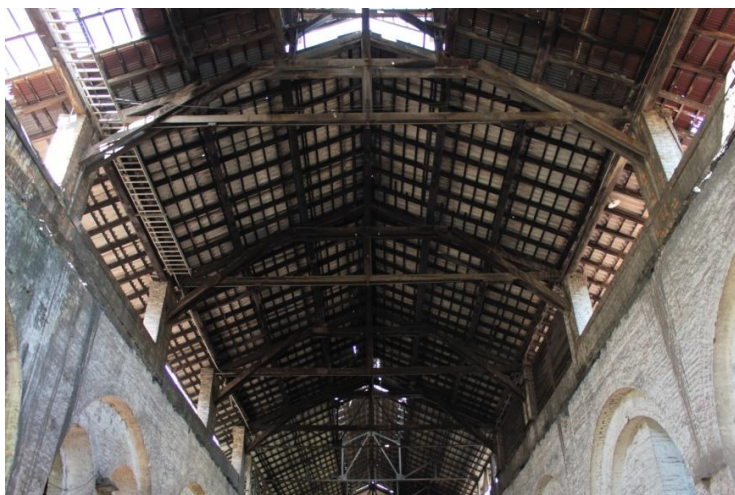


**Figura 2. 44: Fachada lateral esquerda – antiga Fundição e prédio da Modelagem.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

O sistema construtivo ainda utiliza materiais tradicionais como o tijolo cozido empregado na alvenaria estrutural de toda edificação e a madeira utilizada nas tesouras do telhado, cobertas por telhas onduladas em aço galvanizado e parte em amianto. A cobertura ainda conserva as terças e ripas também em madeira.

As tesouras em madeira, figura 2.45, possuem conformação diferenciada e considerável apuro técnico, apresentando duas linhas, uma no encontro com o frechal, peça em madeira existente no topo dos pilares em tijolos, e outra com peça dupla, mais alta, para travamento e estrutura do lanternin.

Na parte superior, no encontro da alvenaria com o telhado, estruturas em peças de madeira inseridas na alvenaria recebem as tesouras e delimitam grandes aberturas que favorecem a iluminação e ventilação, juntamente com o lanternin.



**Figura 2. 45: Fachada lateral esquerda – antiga Fundição e prédio da Modelagem.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)**

O volume lateral, compartimentado em diferentes ambientes, possui um segundo pavimento em alguns espaços, onde se pode ter acesso através de escadas metálicas, como pode ser visto na figura 2.46.

As aberturas em arcos, figura 2.48, que compõem o espaço principal já sofreram algumas interferências, como fechamento ou mesmo subdivisões como pode ser observado na figura 2.47.



**Figura 2. 46: Vista de um dos acessos ao segundo pavimento da Fundação.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)



**Figura 2. 47: Vista das aberturas em arco da antiga Fundação.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)



**Figura 2. 48: Vista interna da antiga Fundação Belgo Mineira Sabará**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

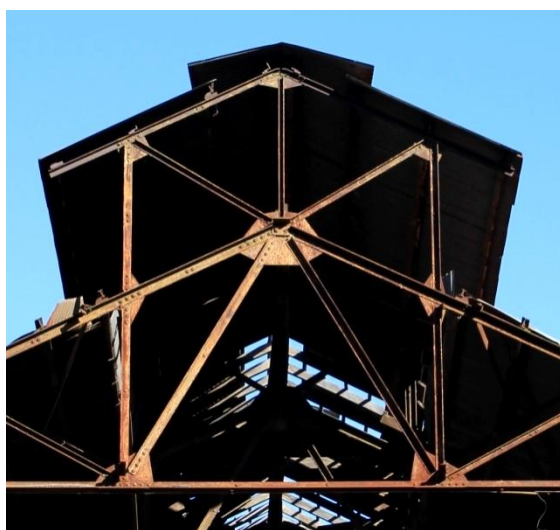
Este volume não apresenta materiais industrializados, salvo duas tesouras metálicas remanescentes na porção frontal da edificação, figura 2.49, que sugere que em determinado

momento a construção foi ampliada. Essa constatação também fica clara ao observar a fachada frontal, onde parte da edificação parece demolida, com um volume incompleto.



**Figura 2. 49: Tesouras metálicas remanescentes na porção frontal da Fundação**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

As figuras 2.50 e 2.51 ilustram as antigas tesouras metálicas existentes, executadas com esbeltas cantoneiras fixadas através de rebites, utilizando chapa tipo “gousset” para ligação. As peças principais, como linhas e pernas, são formadas pela união de duas cantoneiras. As telhas são apoiadas em terças metálicas em perfil “I” laminado. A cobertura metálica foi internamente contraventada em “X”, também com cantoneiras.



**Figura 2. 50: Detalhe da tesoura metálica remanescente com lanternin.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 2. 51: Tesoura metálica – antiga Fundação**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – Fotografia Mateus Lustosa (15/06/12)**

## **B - Vão ponte rolante**

O volume da antiga Fundição e da Oficina é separado por um grande vão coberto com telhas de amianto apoiadas em tesouras metálicas. O local originalmente denominado “vão da ponte rolante” possui pilares metálicos treliçados, formados por dois elementos principais: perfil laminado com seção “T” em uma extremidade e dois perfis com seção “U”, interligados por barras metálicas fixados com rebites na outra extremidade. Estes dois elementos principais são interligados com cantoneiras fixadas com rebites, formando pilares treliçados de grande porte. A figura 2.52 mostra a Fundição a partir do vão da ponte rolante, que supostamente deslizava sobre trilhos, como vigas interligadas aos pilares treliçados.



**Figura 2. 52: Vista da Fundição a partir do vão da ponte rolante.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

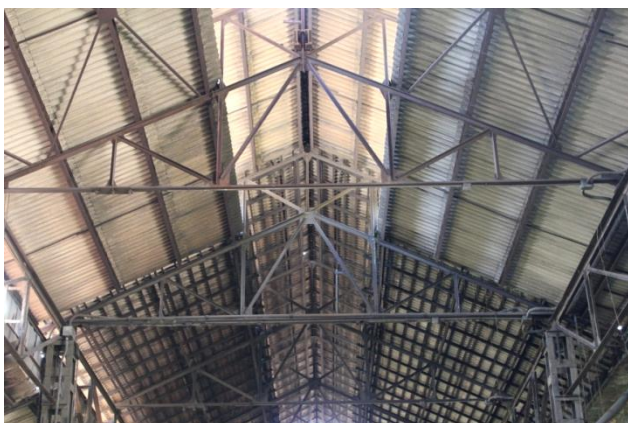
Os pilares treliçados são unidos na parte superior por chapa rebitada, configurando um apoio tipo console. Acima dos mesmos foram fixados pilares vazados, constituídos de perfil “U” nos quatro cantos, interligados por barras metálicas soldadas. A viga treliçada, executada com cantoneiras duplas, possui banzo superior apoiado no topo do pilar e fixado por parafuso e banzo inferior apoiado em cantoneira intermediária fixada no pilar.

A figura 2.53 mostra claramente a diferença na estrutura da cobertura do vão da ponte rolante, o que comprova que foram executadas em momentos diferentes. À direita e atrás do prédio da antiga Modelagem é possível observar uma construção mais recente em concreto armado.



**Figura 2. 53: Vista da Fundação a partir do vão da ponte.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

A partir da análise das tesouras metálicas, figuras 2.54 e 2.55, constata-se que o vão da ponte rolante originalmente não fosse totalmente coberto. O primeiro trecho possui tesouras e vigas treliçadas confeccionadas com rebites, além de possuir terças em perfil “I” laminado, aparentando trilhos. O telhado é montado com caibros e ripas metálicas, seguindo modelo do telhado em madeira. Na segunda parte da cobertura já é possível verificar solda nas ligações da tesoura e também na viga treliçada, que compõe o conjunto estrutural. Além disso, a telha encontra-se apoiada diretamente sobre as terças, que recebem contraventamento, solução mais estrutural mais recente.



**Figura 2. 54: Cobertura vão ponte rolante.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 2. 55: Detalhe tesouras metálicas –  
vão ponte rolante.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

As figuras 2.56 a 2.59 retratam a ligação da tesoura na viga treliçada, através de chapa “gousset” fixada em outra chapa de base parafusada sobre o banzo superior da viga. Nota-se que as ligações mais antigas são rebitadas e as mais recentes receberam solda.





**Figura 2. 56: Ligação tesoura, viga e pilar mais antiga.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 2. 57: Detalhe ligação mais antiga.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 2. 58: Ligação tesoura, viga e pilar mais nova.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 2. 59: Detalhe ligação mais nova.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

No alinhamento e continuidade do antigo vão da ponte rolante encontra-se a antiga edificação destinada originalmente à Oficina Mecânica, figuras 2.60 e 2.64.

Os dois pilares de encontro com o galpão da Oficina Mecânica, figuras 2.61 e 2.63, apesar de apresentarem a mesma configuração dos demais, foram executados com solda, figuras 2.62, o que presume, que não são originais e foram executados posteriormente, provavelmente no momento em que o vão da ponte rolante foi totalmente coberto. Essa constatação também pode ser comprovada na continuidade da cobertura (figura 2.61), que difere do telhado da antiga Oficina Mecânica.



**Figura 2. 60: Vista da antiga Oficina Mecânica a partir do vão da ponte rolante.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

Sendo assim, em levantamento de campo, foi possível verificar que a fachada frontal da Oficina Mecânica foi supostamente demolida, o que levou a perda de uma parte da cobertura da Oficina, pois a antiga estrutura era fixada na fachada.

Parte da cobertura da Oficina foi então recomposta com o novo telhado executado para cobertura do antigo vão da ponte rolante, o que justifica a inserção dos dois novos pilares junto à fachada, figuras 2.61 e 2.63, como forma de solucionar o apoio.



**Figura 2. 61: Pilar 07 – Vão ponte rolante**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 2. 62: Detalhe ligação com solda – Pilar 07.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 2. 63: Pilar 08 – Vão ponte rolante.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 2. 64: Vista da antiga Oficina Mecânica.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

### **C - Oficina Mecânica**

Na parte posterior, figura 2.65, encontra-se a edificação destinada à antiga Oficina Mecânica, que apresenta características marcantes da tipologia arquitetônica industrial. Construída com sistema arquitetônico híbrido, possui estrutura interna com pilares metálicos e fachadas originais em alvenaria estrutural de tijolos cozidos.



**Figura 2. 65: Vista interna da antiga Oficina Mecânica**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

O partido arquitetônico retangular é desenvolvido em um vão central de grande pé direito e duas galerias laterais. O salão principal é marcado por uma seqüência de pilares metálicos que

sustentam a cobertura central e também as tesouras dos telhados laterais, através de consoles intermediários.

A volumetria é bem marcada e pode ser observada, ainda que internamente, pela sua composição de telhados e por uma longa abertura superior que, além de contribuir para a iluminação interna, transpõe a divisão da planta em uma composição de volume simétrico e harmônico. Essa abertura em caixilharia metálica com vidro foi inserida em ambos os lados, no encontro da cobertura mais alta com as galerias laterais e condiciona uma luz interna surpreendente, que valoriza todo o conjunto (figura 2.66).

O lanternin também se faz presente, assim como no volume da Fundação e contribui para o conforto do ambiente, juntamente com outras características como o alto pé-direito e a amplitude do ambiente.



**Figura 2. 66: Vista interna do galpão a partir da Oficina Mecânica.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

A composição do telhado com tesouras de madeira possui grande apuro técnico, com encaixes perfeitos e fixação rotulada com parafusos metálicos. As estruturas das coberturas dos volumes principal e laterais são interligadas por peças de madeira, figura 2.67, como esteios, que apoiadas nos consoles e fixadas no pilar metálico amarram todo o conjunto.

O telhado principal é estruturado por tesouras formadas por duas linhas, uma no encontro do pilar da edificação e outra mais alta com peças duplas para apoio da estrutura do lanternin. As

pernas da tesoura, juntamente com o pendural, interligados pela cumeeira e terças, sustentam uma estrutura mais alta que cobre o lanternin, figura 2.69.

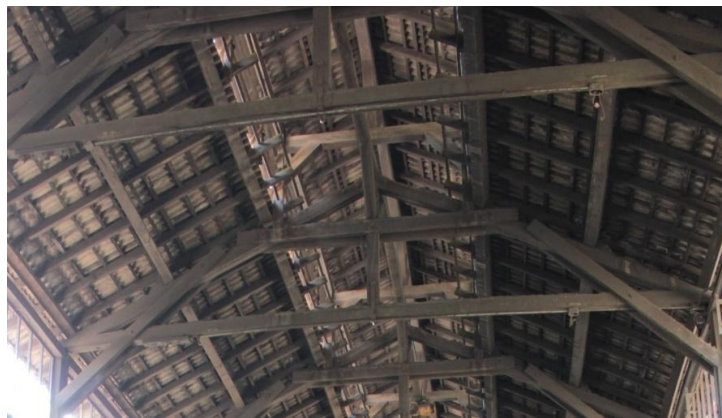
A estrutura das coberturas laterais é mais simplificada, formadas por perna sustentada por mão francesa, onde se apoiam as terças, figura 2.68. Todo o telhado possui caibros e ripas em madeira coberto por telhas presumivelmente galvanizadas.



**Figura 2. 67: Encontro estrutura dos telhados.**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 2. 68: Estrutura cobertura lateral.**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 2. 69: Estrutura cobertura principal.**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

Os pilares metálicos são formados pela composição de dois perfis laminados de seção “I”, interligados por cantoneiras fixadas com rebite. O console é formado por chapas rebitadas em ambos os lados, arrematadas por cantoneiras na parte superior. Após o console principal e intermediário, o pilar se prolonga, em menor proporção, através de um dos perfis “I” que juntamente com outro perfil “U” laminado, interligados por chapas metálicas rebitadas formam um segundo console superior. Essa estrutura superior é responsável pela fixação da peça estrutural de madeira, que recebe a estrutura dos telhados.

Os esteios em madeira são interligados por duas peças em madeira, uma superior e outra inferior, que ajuda a estruturar o conjunto e recebem a caixilharia de vidro, como fechamento. Para fixação das peças em madeira é frequente o uso de chapas metálicas parafusadas, como pode ser observado na figura 2.70.



**Figura 2. 70: Ligação estrutural**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

A fachada posterior ainda conserva o ritmo e a proporção das aberturas em arco. Como pode ser observado nas figura 2.71. A parede em tijolos no alinhamento dos pilares, figura 2.72, aparenta ter sido construída posteriormente.



**Figura 2. 71: Vista interna fachada posterior**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 2. 72: Vista interna fachada posterior**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

A fachada lateral esquerda, figura 2.73, originalmente em tijolo maciço, sofreu interferência em sua modulação, ritmo e configuração original das aberturas em arco pleno, após a inserção de um novo volume em concreto armado. É possível verificar, inclusive, a inserção de vigas de concreto em algumas partes, sistema estrutural do novo volume lateral acrescentado. Vale ressaltar a presença de umidade constante nesta fachada, proveniente de infiltração.



**Figura 2. 73: Vista interna lateral esquerda Oficina Mecânica**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

Também a fachada lateral direita sofreu interferência com a instalação de um grande galpão em estrutura metálica, como pode ser visto na figura 2.74. O pano de parede foi modificado em sua modulação, forma e ritmo de abertura. Alguns vãos foram totalmente abertos e outros modificados, como janelas que se transformaram em portas.



**Figura 2. 74: Vista interna lateral direita Oficina Mecânica**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

## D – Modelagem

A edificação destinada à antiga Modelagem merece destaque pela singularidade de sua arquitetura. O volume possui telhado de duas águas coberto com telhas supostamente galvanizadas, ressaltando na parte central um lanternin, que tem como função favorecer a ventilação. As fachadas, figuras 2.75 e 2.76, apesar de simples, possuem harmonia, proporção e ritmo nas aberturas verticalizadas, com verga em arco pleno. A composição em duas linhas de abertura sugere uma edificação de dois pavimentos.



**Figura 2. 75: Vista frontal Modelagem**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 2. 76: Fachada lateral esquerda Modelagem**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

A construção possui sistema construtivo em tijolos maciços e estrutura da cobertura em madeira. A edificação, hoje térrea e apresentando grande pé-direito, revela que em sua origem possuía dois pavimentos, o que se pode constatar através de remanescentes de perfil metálico laminado de seção “I”, existentes em meia altura da parede e inseridos em bases de concreto, localizadas no centro da edificação, figuras 2.77 e 2.79.



**Figura 2. 77: Vista interna Modelagem**  
Fonte: Arquivo Pessoal - (15/06/12)



A cobertura possui estrutura em tesouras de madeira, que se assemelham às da Fundação e Oficina, com duas linhas, uma na altura do frechal e outra mais alta, supostamente para reforçar a abertura e estruturar o lanternin. O empuxo do telhado é transmitido para pilares em madeira (esteios) inseridos junto à parede do antigo pavimento superior e no alinhamento das tesouras, como pode ser visto na figura 2.78.



**Figura 2.78: Vista interna Modelagem.**  
 Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 2.79: Vista interna Modelagem.**  
 Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 2.80: Vista da Modelagem a partir da Fundação.**  
 Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 2.81: Esquadrias da modelagem.**  
 Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

Especial destaque deve ser dado a caixilharia metálica com vedação em vidro, figura 2.81, que apresenta desenho equilibrado e de apuro formal. A luz que reflete cor e adentra a

edificação faz a composição de janelas lembrarem antigos “vitrais”. Na parte inferior a abertura se faz como báscula e na parte superior com pivô vertical.

### **E – Construção em estrutura de concreto – Fundição e Vestiário**

Atrás da antiga edificação destinada à Modelagem foi construído um prédio em concreto armado, com partido retangular, figura 2.82. A edificação foi implantada no prolongamento do antigo prédio da Modelagem, comprometendo visualmente a leitura de sua volumetria. A edificação possui dois pavimentos e cobertura em telha cerâmica de três guas. Percebe-se uma preocupação na sequência de aberturas das janelas e no porte e altura da edificação, embora não possua características formais significativas.



**Figura 2. 82: Vista prédio em concreto construído atrás da Modelagem.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

Construída para abrigar parte da Fundição e vestiários, também se encontra abandonada e em estado de degradação crítica, incluindo elementos estruturais com ferragens expostas em processo de corrosão. As figura 2.83 e 2.84 apresentam vistas do prédio ao lado do vo da ponte rolante.



**Figura 2. 83: Vista da fachada posterior do Galpão E.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 2. 84: Vista do galpão E, em concreto, a partir do vo da ponte rolante.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

## F – Construção em estrutura de concreto na lateral Oficina

A edificação de dois pavimentos e partido retangular foi implantada no alinhamento da fachada lateral esquerda da antiga Oficina Mecânica e esconde completamente o volume original, figura 2.85. Construída em concreto armado, possui alvenaria em tijolo maciço e cobertura em telha cerâmica de quatro águas. Em seu volume simplificado é possível perceber uma preocupação formal no ritmo e linguagem das aberturas, com verga em arco.



**Figura 2. 85: Fachada lateral esquerda do prédio em concreto construído na lateral da Oficina.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

Por estar construída no alinhamento do volume da antiga Oficina (ver corte dd - figura 2.97) não possui drenagem pluvial adequada entre as edificações e a difícil manutenção da calha gera grandes problemas de infiltração, como pode ser notado nas figuras 2.86 e 2.87. Outras interferências são observadas com a inserção da construção em concreto, como a modificação das aberturas e a inserção de viga em concreto na fachada original.



**Figura 2. 86: Vista prédio em concreto construído na lateral da Oficina.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

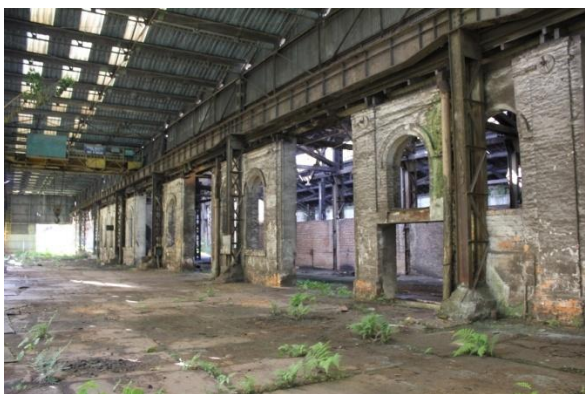


**Figura 2. 87: Vista prédio em concreto construído na lateral da Oficina.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

## G – Construção metálica lateral

O galpão construído na lateral direita da Oficina Mecânica e do vão da ponte rolante possui sistema construtivo com pilares metálicos treliçados e cobertura em shed. A cobertura em shed passa a ser largamente utilizada a partir da década de 50/60 para atender as demandas por galpões industriais.

A construção, fechada por telha ondulada translúcida, não possui nenhum apuro formal e esconde completamente a antiga fachada da Oficina Mecânica, que passa a se comportar como parede interna, que por sua vez sofreu interferências e demolições, como já descrito anteriormente. (figuras 2.88 e 2.89). Essa solução, além de comprometer a visibilidade e volumetria da edificação, favorece o surgimento de infiltração, pela dificuldade em se drenar a água pluvial (ver corte dd - figura 2.97).



**Figura 2. 88: Antiga fachada lateral esquerda da Oficina Mecânica.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 2. 89: Final da fachada da antiga Oficina Mecânica.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

A solução em shed tem como função, assim como o lanternin, favorecer a iluminação dos espaços. O sistema consiste de módulos compostos por painel translúcido vertical, como caixilharia para entrada de luz, e cobertura inclinada em placas de telhas metálicas. Os módulos são intercalados por calhas intermediárias.

Os pilares estruturais foram confeccionados seguindo modelo dos pilares antigos existentes. A composição consiste de dois perfis metálicos laminados de seção “I”, unidos através de solda por cantoneiras e na parte superior por chapa em ambos os lados. Sobre o pilar se observa uma robusta estrutura para caminhamento da ponte rolante. O pilar se prolonga em menor dimensão, na parte posterior da estrutura da ponte, para ligação da viga treliçada que sustenta a cobertura. Comparando figura 2.88 e figura 2.91, nota-se que a parte superior dos cinco

primeiros pilares, na lateral do vão da ponte rolante, possuem chapa de ligação e estrutura da ponte rolante diferentes.



**Figura 2. 90:** Vista interna do galpão metálico com cobertura em shed na lateral da Oficina.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 2. 91:** Vista interna do galpão metálico na lateral do vão da ponte rolante.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

A lateral do Vão da ponte rolante também se encontra coberto, figuras 2.91 a 2.93 (ver corte - figura 2.96).

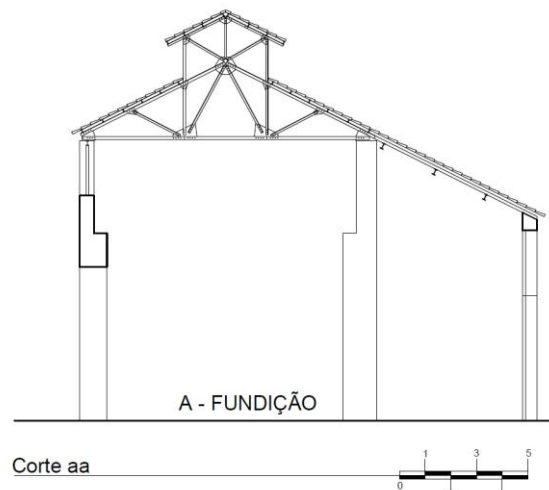


**Figura 2. 92:** Cobertura metálica na lateral do vão da ponte rolante.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

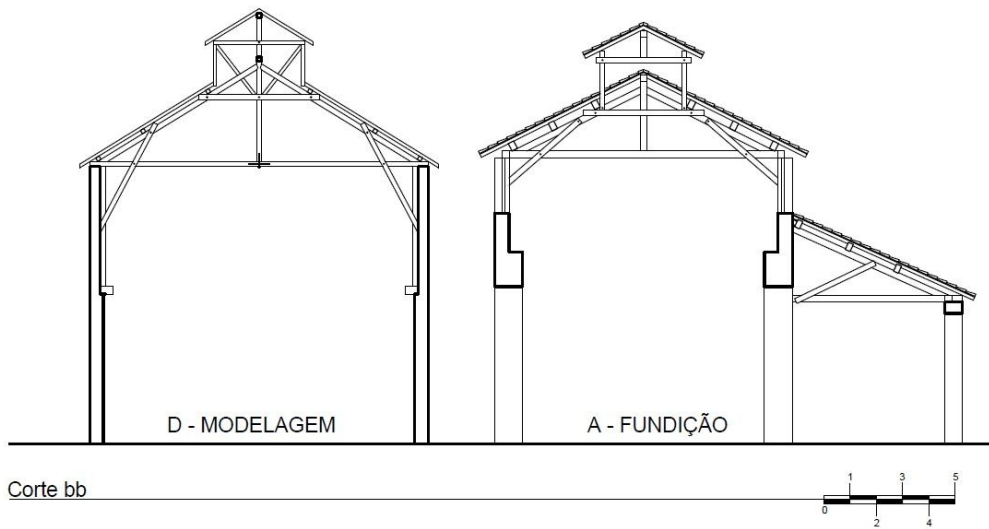


**Figura 2. 93:** Vista do galpão metálico na lateral da Oficina.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

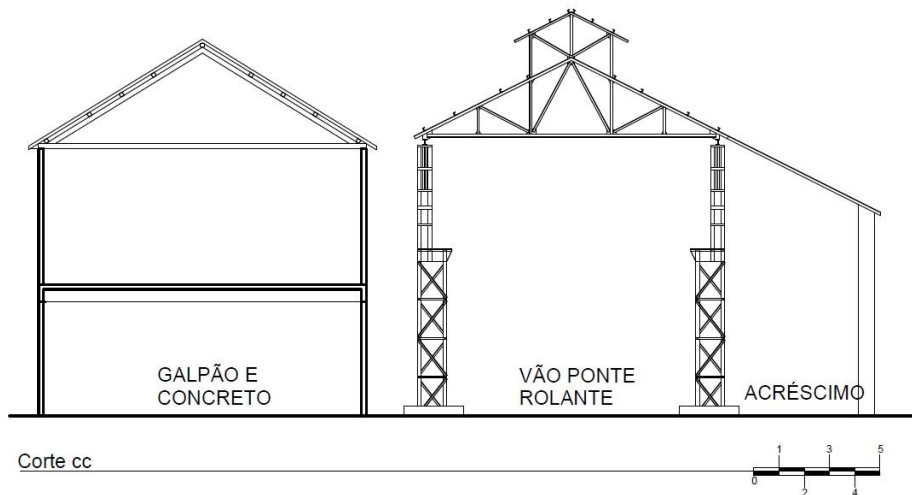
### 2.3.2 – Cortes do Levantamento Arquitetônico



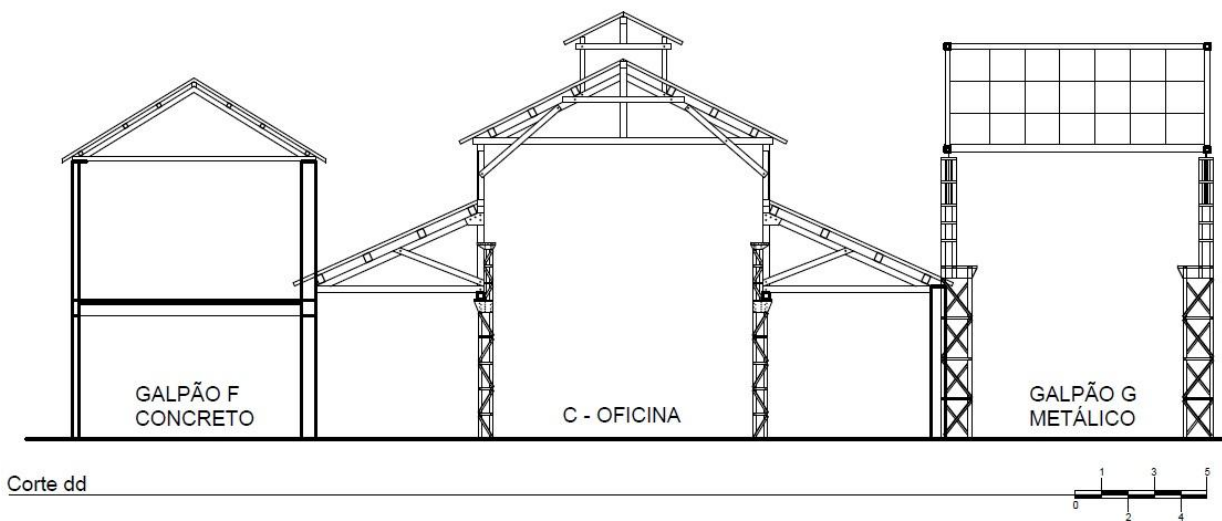
**Figura 2. 94:** Corte aa - Instalações da antiga Cia. Belgo Mineira em Sabará.



**Figura 2. 95: Corte bb - Instalações da antiga Cia. Belgo Mineira em Sabará.**



**Figura 2. 96: Corte cc - Instalações da antiga Cia. Belgo Mineira em Sabará.**



**Figura 2. 97: Corte dd - Instalações da antiga Cia. Belgo Mineira em Sabará.**

### 2.3.3 – Diagnóstico do Estado de Conservação

#### – Estabelecendo critérios

Esse diagnóstico tem como propósito a avaliação do estado de conservação dos elementos estruturais metálicos existentes nos antigos galpões, datados do início do século XX. Para sistematização do trabalho foram criadas tabelas, com o objetivo de mapear por fotografia o local das principais patologias encontradas. Para melhor avaliação foi estabelecida uma legenda com três graus de degradação e os critérios estabelecidos para avaliação são descritos a seguir. O baixo é adotado para os casos em que a patologia começa a ser manifestada, porém ainda sem maiores comprometimentos, sendo possível reverter, estagnar ou mesmo controlar o processo. O médio é empregado para casos em que a patologia já se encontra em processo mais adiantado, sendo necessárias medidas urgentes, sejam elas corretivas e/ou de controle, para evitar a completa degradação, que em se tratando de metal, acontece rapidamente e pode ser irreversível. Já o alto grau é considerado para os casos avançados em que serão necessárias intervenções drásticas, como substituição parcial ou total da peça.

Em se tratando de ausência de peças, caso sejam elementos principais, deve-se verificar o grau de comprometimento da perda. E no caso de peças secundárias, como cantoneiras de ligação, ficam definidas margens percentuais de perda: sendo baixa até 20%; média de 20-40% e alta acima de 40%. Muitas vezes será necessário avaliar o grau de degradação de uma forma mais abrangente e balanceando os dois critérios. Exemplo disso seria um pilar treliçado com quatorze cantoneiras, em que há perda de duas cantoneiras e três outras danificadas. Será necessário verificar se há possibilidade de aplicar medidas de correção nas três peças danificadas, ou se será necessária a substituição das mesmas. Essa avaliação, portanto, é que vai definir se o grau será baixo ou médio.

As tabelas inseridas no Apêndice B geram dados compilados, retratando os pormenores da estrutura, e a partir delas é possível elencar as principais patologias encontradas, condicionando a um diagnóstico geral do conjunto, que será utilizado para melhor estabelecer as proposições futuras. Nos galpões B e C, Vão Ponte Rolante e Oficina Mecânica, o mapeamento foi realizado de forma mais detalhada, pilar por pilar, por se tratar de galpões mais antigos e devido a sua importância histórica, já revelada na pesquisa histórico-documental e reafirmada em levantamento de campo. Os pilares encontram-se referenciados em planta com numeração no Apêndice A.

### – Principais patologias encontradas

A partir do mapeamento de danos realizado foi possível constatar que a principal patologia encontrada foi a corrosão<sup>6</sup> que, conforme relatado na revisão de literatura, pode apresentar-se de diferentes formas.

Segundo a morfologia e aparência, em geral encontra-se manifestada como corrosão uniforme<sup>7</sup> (figuras 2.98 e 2.99), ou seja, em toda extensão da superfície. Em alguns poucos casos é possível verificar corrosão macroscopicamente localizada, geralmente com perda de material em forma de óxido, como será mostrado a seguir, na base de dois pilares da cobertura do Vão da Ponte Rolante e na base de um pilar da Oficina.

Em se tratando do meio corrosivo, em grande parte dos elementos observados, presume-se que o processo seja caracterizado como corrosão atmosférica<sup>8</sup>, causada pela ausência de proteção contra o processo de corrosão, sendo praticamente inexistente qualquer película protetora como resina e pintura que, quando existente, apresenta-se com descolamento generalizado. Outro fator que contribui em demasia para o ataque dos agentes atmosféricos é o acúmulo de sujidades nas peças estruturais.



**Figura 2. 98: Processo de corrosão uniforme – Pilar 01 – Vão Ponte Rolante.**

Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)



**Figura 2. 99: Processo de corrosão uniforme – Pilar 18 – Oficina Mecânica.**

Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)

<sup>6</sup> Corrosão – ataque gradual e contínuo de um metal, em meio corrosivo, atmosfera ou meio químico, cuja reação química ou eletroquímica, entre o metal e os elementos contidos no meio circunvizinho, transforma gradualmente o metal em um composto ou vários compostos químicos, geralmente óxidos ou sais. (Chiaverini, 6ª edição)

<sup>7</sup> Corrosão uniforme – ocorre em toda a superfície gerando perda uniforme de espessura. Também conhecida como “generalizada”, mas este termo também pode ser utilizado em outras formas de corrosão como pite ou alveolar, que podem ocorrer em toda extensão da superfície corroída. (GENTIL, 1996)

<sup>8</sup> Corrosão Atmosférica – ataque em meio a atmosfera, sendo que nas áreas urbanas tem como principal agente corrosivo os óxidos sulfurosos gasosos, provenientes de veículos, indústrias, entre outros. A intensidade da corrosão depende das condições climáticas. (Chiaverini, 6ª edição)



Por se tratar de atmosfera industrial é razoável supor que os gases liberados nos processos industriais sejam também causadores e aceleradores de processos de corrosão, sendo este meio considerado altamente agressivo pelos estudiosos na área. A literatura ressalta que os contaminantes de uma atmosfera industrial, em especial o dióxido de enxofre, juntamente com a umidade atmosférica, produzem uma película de ácido altamente corrosivo nas superfícies expostas.

Em contrapartida, os galpões em questão abrigaram durante anos a Fundição e Aciaria, cujo produto liberado, durante o processo metalúrgico, aderiu às estruturas, cobrindo as peças com uma fina camada (figuras 2.100 e 2.101). Fato curioso, mas não comprovado nesta pesquisa, é que essa película teria funcionado como uma barreira no processo de corrosão, supostamente protegendo os diversos componentes estruturais, impedindo o contato do metal com o meio corrosivo, no caso a atmosfera, impedindo a reação química na qual o metal, como redutor, cede elétrons para o oxidante existente no meio corrosivo.



**Figura 2. 100: Início de processo de corrosão uniforme – Pilar 02 – Oficina Mecânica.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)



**Figura 2. 101: Início de processo de corrosão uniforme – Pilar 05 – Vão ponte rolante.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)

Os pilares do antigo Vão da Ponte rolante receberam uma base em concreto e tijolos, provavelmente para reforço e/ou proteção de umidade proveniente do solo. Entretanto, esta base, caso não seja executada de forma cuidadosa, pode gerar locais de retenção de umidade, por deficiência de drenagem e depósito de agentes agressivos (sujidades), principais causas do

desenvolvimento de corrosão localizada. A teoria eletrolítica<sup>9</sup> apresentada por Chiaverini (2008), explica a reação de oxidação do ferro em meio aquoso.

As figuras 2.102 e 2.103 retratam o pilar 04 do vão da ponte rolante. Este pilar é formado por uma composição de perfil “I” e dois perfis “U” interligados por cantoneiras. O processo de corrosão encontra-se em estágio avançado nos perfis “U”, supostamente pela presença de agentes agressores e retenção de umidade no local. Essa corrosão pode ser caracterizada como uma corrosão macroscopicamente localizada, e o material parece se desprender em lâminas.



**Figura 2. 102: Base do Pilar 04 em processo de corrosão avançado – Vão Ponte Rolante.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)



**Figura 2. 103: Detalhe da base do Pilar 04 em processo de corrosão – Vão Ponte Rolante.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)

Nas figuras 2.104 e 2.105, o mesmo pilar apresenta processo de corrosão na cantoneira de ligação, que já perdeu massa por corrosão.



**Figura 2. 104: Cantoneira do Pilar 04 em processo de corrosão – Vão Ponte Rolante.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)



**Figura 2. 105: Detalhe da cantoneira do Pilar 04 – Vão Ponte Rolante.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)

---

<sup>9</sup> Teoria eletrolítica – o ferro em meio aquoso forma o  $\text{Fe(OH)}_2$ , que em presença do oxigênio do ar se transforma por reação química em  $\text{Fe(OH)}_3$ , que sendo menos solúvel se precipita em  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , depósito marrom, sendo este um material de corrosão, vulgarmente conhecido como “ferrugem” (CHIAVERINI, 2008).

No pilar 06 do vão da ponte rolante, figuras 2.106 e 2.107, a cantoneira também apresenta corrosão macroscopicamente localizada, de forma aparentemente alveolar<sup>10</sup>, com perda de massa em toda sua espessura. É possível supor que esse processo de corrosão tenha sido desencadeado por acúmulo de umidade e mesmo de agentes agressores (sujidades).



**Figura 2. 106: Pilar 06 – Vão Ponte Rolante.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)



**Figura 2. 107: Pilar 06 – Vão Ponte Rolante.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)

Na figura 2.108, referente à situação do pilar 02 do vão da ponte rolante, é possível verificar possibilidade de retenção de umidade junto aos perfis em seção “T”. A base não foi solucionada de forma adequada e a presença de tijolos retém umidade.



**Figura 2. 108: Pilar 02 – Vão Ponte Rolante.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)

A figura 2.109 é inserida como exemplo representativo de pontos de corrosão generalizada em um dos pilares do vão da ponte rolante. Essa situação pode ser notada em outros elementos. Esses pontos surgem em locais desprotegidos e, com o tempo, o processo de corrosão torna-se uniforme em toda a superfície da peça.

---

<sup>10</sup> Corrosão alveolar – o processo ocorre na superfície metálica produzindo sulco ou escavações semelhantes a alvéolos, apresentando fundo arredondado e profundidade geralmente menor que seu diâmetro. (GENTIL, 1996)



**Figura 2. 109: Início de processo de corrosão no Pilar 07 do Vão da Ponte Rolante.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)**

Já os pilares da Oficina estão inseridos no solo sem qualquer base de proteção, figura 2.110. Em geral a corrosão observada é uniforme, porém em alguns pilares nota-se maior descolamento de pintura na base, o que supostamente pode ter sido causado por agentes agressores existentes no solo<sup>11</sup>.

Já na figura 2.111 o pilar apresenta um avançado processo de corrosão localizado na base do perfil “I”, e o material de corrosão parece se desfragmentar em lâminas. Esse processo pode ser desencadeado, ou mesmo acelerado, devido ao acúmulo de umidade e agentes agressores na base do pilar.



**Figura 2. 110: Vista do Pilar 02 – Oficina**  
**Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)**



**Figura 2. 111: Base do pilar 20 da Oficina em processo de corrosão.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)**

<sup>11</sup> Corrosão no solo – em estruturas enterradas a corrosão esta relacionada ao baixo ph, correntes parasitas, baixa resistividade e à ação de bactérias. Também a água e o oxigênio são considerados fatores importantes. A baixa resistividade se relaciona com a presença de sais solúveis que possui alta condutibilidade elétrica. (Chiaverini, 2008)

No galpão da antiga Oficina Mecânica foi construída uma parede em tijolos maciços, no alinhamento de alguns pilares metálicos, o que ocasionou um meio propício para retenção de umidade e possíveis agentes agressores em meio à sujidade generalizada. Esse fator se torna crítico nos pilares 11, 13 e 15, onde as telhas da cobertura estão soltas e quebradas, ocasionando umidade por meio de infiltração pelo telhado. Vale ressaltar que essa é a principal causa dos fatores de degradação destas estruturas, onde a cobertura em geral é o primeiro elemento a se degradar, desprotegendo a edificação e possibilitando a entrada de água, agente agressor das estruturas metálicas.

As figuras 2.112, 2.113 e 2.115 retratam o pilar 11, composto de dois perfis “I” laminados e interligados por cantoneiras metálicas. Esse pilar encravado na alvenaria apresenta processo de corrosão uniforme nos dois perfis “I”, em toda extensão e face, nos locais de encontro com a parede.

A corrosão ocasionada pelo acúmulo de umidade proveniente da cobertura é considerada atmosférica. A alvenaria é constituída de tijolos maciços que absorvem a umidade, provocando o acelerado processo de corrosão no local.



**Figura 2. 112: Pilar 11 da Oficina inserido na parede.**

Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)



**Figura 2. 113: Processo corrosão de corrosão mais avançado no pilar 11 da Oficina Mecânica.**

Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)

As cantoneiras do pilar 11, de encontro com a parede, figura 2.114, estão bastante degradadas, apresentando deformações, fraturas e processo de corrosão.



**Figura 2. 114: Cantoneiras do pilar 11 apresentam deformação e fraturas.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)**



**Figura 2. 115: Processo de corrosão do pilar 11 – Oficina**  
**Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)**

Os pilares 13 e 15, retratados na figura 2.116 e 2.117, também apresentam corrosão uniforme, cujo meio corrosivo é o atmosférico. A foto da figura 2.117 foi tirada na parte interna do pilar, onde se pode observar o avançado processo de corrosão nas faces internas dos perfis “I” e também nas cantoneiras de ligação.



**Figura 2. 116: Pilar 13 da Oficina em processo de corrosão e cantoneiras deformadas.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)**



**Figura 2. 117: Processo de corrosão do pilar 15 da Oficina.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)**

Outros problemas encontrados, porém de menor proporção, acontecem em peças secundárias, como nas cantoneiras de ligação. É possível verificar ausência de peças, cantoneiras soltas por perda de rebite, deformações, fraturas e também algum processo de corrosão.

Supostamente, muitos dos problemas foram gerados por impactos mecânicos durante as atividades desenvolvidas nos galpões ou mesmo foram produzidas voluntariamente para fixação de algum elemento à estrutura ou passagem de tubulação e fiação, ou seja, não foram

lesões causadas por excesso de carga ou tensão. A corrosão associada a solicitações mecânicas é de difícil identificação, não sendo aqui caracterizada.

Na figura 2.118 a cantoneira sofreu fratura, sendo sua parte fixada novamente com rebite, e a barra de ligação sofreu deformação excessiva. Já as cantoneiras da figura 2.119 foram cortadas para fixação de estruturas auxiliares ao pilar.



**Figura 2. 118: Fratura na cantoneira e deformação na barra de ligação - pilar 01 – vão ponte rolante.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)



**Figura 2. 119: Cortes nas cantoneiras de ligação do pilar 03 - vão ponte rolante.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)

A figura 2.120 apresenta o pilar 02 da antiga Oficina Mecânica. A cantoneira está desprendida por perda de rebite de fixação. A cantoneira acima foi cortada para fixação de caixa ao pilar. Os cortes muitas vezes foram executados apenas na ponta da cantoneira, não oferecendo nenhum comprometimento ao pilar, como pode ser visto na figura 2.121, onde duas cantoneiras, que perderam seus rebites, foram novamente fixadas com parafusos.



**Figura 2. 120: Cantoneira do Pilar 02 encontra-se desprendida – Antiga Oficina Mecânica.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)



**Figura 2. 121: Cantoneiras do Pilar 04 fixadas com parafusos – Antiga Oficina Mecânica.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)

O pilar 06, figura 2.122, perdeu cinco de suas cantoneiras, mas apesar do número ser considerado médio, por sua composição sólida e perfis robustos não oferece risco ao conjunto e continua a cumprir sua função estrutural. Como já descrito, muitos dos cortes nas cantoneiras foram executados para passagem de tubulações, como pode ser comprovado na figura 2.123.



**Figura 2. 122:** Pilar 06 da Antiga Oficina Mecânica apresenta ausência de cinco cantoneiras.

**Fonte:** Arquivo Pessoal (15/06/12)



**Figura 2. 123:** Pilar 08 da Oficina Mecânica recebeu corte em cantoneira para passagem de tubulação.

**Fonte:** Arquivo Pessoal (15/06/12)

Algumas cantoneiras sofreram deformações excessivas como pode ser observado nas figuras 2.124 e 2.126 (pilares 14 e 20). Detalhe para o corte em “meio círculo” executado nas cantoneiras do pilar 16 (figura 2.125) para descida e fixação de algum elemento tubular. Na figura 2.125 também fica clara a sujidade generalizada das peças estruturais e descolamento de antiga película protetora.



**Figura 2. 124:** Cantoneiras deformadas no Pilar 14 – Antiga Oficina Mecânica.

**Fonte:** Arquivo Pessoal (15/06/12)



**Figura 2. 125:** Cantoneiras apresentam deformação e fratura no Pilar 16 – Antiga Oficina Mecânica.

**Fonte:** Arquivo Pessoal (15/06/12)



O pilar 20 (figuras 2.126 e 2.127) apresenta deformações excessivas nas cantoneiras, sujidade generalizada, descolamento de pintura e processo de corrosão uniforme, porém de forma mais avançada na base, como apresentado em figuras anteriores. Nota-se, também, um pequeno corte na mesa do perfil “I”, figura 2.127.



**Figura 2. 126: Cantoneiras deformadas no Pilar 20 da Antiga Oficina Mecânica.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)



**Figura 2. 127: Registro de cantoneiras deformadas no Pilar 20 da Antiga Oficina Mecânica.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)

Também é frequente a existência de furos na alma dos perfis, figuras 2.128 e 2.129, geralmente para passagem de tubulação e fiação. Por se tratar de composição de perfis de grande porte e espessura, dificilmente estes furos oferecem risco ao sistema estrutural da edificação.



**Figura 2. 128: Furos na alma do Pilar 06 da Antiga Oficina Mecânica.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)



**Figura 2. 129: Recorte na alma do Pilar 03 do vão da ponte da rolante.**  
Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)

### **2.3.4 – Identificação do metal**

#### **– Análise visual**

Conforme descrito na revisão de literatura, a análise da técnica de construção, aparência do material e o tipo de conexão ajudam na identificação do metal. Os antigos pilares do vão da ponte rolante, assim como da Oficina Mecânica são formados por composição de perfis laminados em seção “I” e “U”.

Conforme descrito por Kühn (1998) o ferro laminado, em perfis U, T, I e chapas, passaram a circular no mercado em meados do século XIX. E, segundo Colpaert (2008), o aço de baixo teor de carbono foi gradativamente substituindo o ferro pudlado. Sendo assim, pela forma, aparência e época de construção, os perfis poderiam ser de ferro laminado ou aço.

Outra referência importante para contextualizar a época de construção é o tipo de fixação através de rebites, que segundo Pfeil (2009) seriam os conectores mais utilizados, durante o século XIX e primeira metade do século XX.

Como bem destaca Kühn (1998), o ferro laminado e o aço, quando em bom estado, possuem aparência semelhante. Porém, a autora ressalta que embora os perfis de ferro laminado e de aço pudessem ser produzidos com a mesma forma estrutural, os aços eram produzidos em seções muito maiores. Sendo assim, os apontamentos indicam tratar-se de aço, pois os perfis são grandes e espessos.

Conforme descreve Kühn (1998) o aço, muitas vezes, possui marcas de fabricação estampadas nas peças. Em levantamento de campo foi possível verificar inscrições em três pilares da antiga Oficina Mecânica, identificados neste trabalho com os números 05, 09 e 18, o que leva a pensar que já se trata de algum tipo de aço.

As inscrições, figuras 2.130 e 2.131, supostamente se referem ao local de fabricação da peça (“Dudelange”, Luxemburgo), confirmando os dados históricos coletados, onde as pranchas de projetos da Oficina Mecânica apresentam selo da Divisão de Dudelange, ou seja, originada da ARBED – Aciéries Réunies de Burbach-Eich-Dudelange, conglomerado de indústrias siderúrgicas belgo luxemburguesas.



**Figura 2. 130: Inscrição “Dudelange” no Pilar 05 – Oficina**  
**Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)**



**Figura 2. 131: Inscrição “Dudelange” no Pilar 09 – Oficina**  
**Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)**

Embora os dados históricos e físicos indiquem um caminho, para identificação precisa do metal são necessárias análises químicas e metalográficas de pequenas amostras. A seguir, serão apresentados os resultados dos ensaios realizados.

#### **– Análise em Laboratório**

A fim de se obter uma identificação mais precisa do metal, foram coletadas amostras em pilares dos galpões B, C e G, para análise de sua composição química e metalográfica.

A coleta foi feita em locais escolhidos de forma a não afetar a resistência da estrutura. Especial atenção foi dada à escolha da peça, sendo dada preferência a locais já comprometidos, recomendando-se que a coleta fosse feita por intermédio de um furo com, no máximo, 5cm de diâmetro, similares aos furos já existentes. Como a retirada das amostras não pôde ser acompanhada, as dimensões sugeridas não foram respeitadas, tendo sido retiradas amostras de formas irregulares e tamanhos variados. Essa falha, entretanto, em nada

comprometeu a estrutura ou prejudicou o trabalho, mas ressalta-se aqui a importância do acompanhamento técnico durante a retirada de amostras.

- **Localização das Amostras**

- Galpão B – **Vão Ponte Rolante** - Belgo Mineira

Local: **Pilar 04**

Peça: Alma perfil seção “I” – **Amostra 01**

Dimensão da amostra: 2,5 x 2,5cm

- Galpão C – **Oficina Mecânica** - Belgo Mineira

Local: **Pilar 11**

Peças: Alma perfil seção “I” – **Amostra 02**

Cantoneira – seção “U” – **Amostra 03**

Dimensão da amostra: 2,5 x 2,5cm

Local: **Pilar 05**

Peça: Rebite – **Amostra 04**

Dimensão: 2,5 x 2,5cm

- Galpão G – **Galpão metálico década de 1960** - Belgo Mineira

Local: Pilar

Peça: Alma perfil seção “I” – **Amostra 05**

Dimensão da amostra: 2,5 x 2,5cm

- **Preparo das Amostras para Análise Metalográfica**

Esta etapa consiste no preparo de amostras para análise metalográfica em microscópio, tendo como objetivo visualizar sua microestrutura cristalina. O preparo consiste em lixamento, polimento, limpeza e ataque por reagentes, de forma a determinar as fases e constituintes dos materiais. Essa técnica consiste em colocar em evidência os diversos grãos que compõem os materiais, sendo possível avaliá-los segundo sua morfologia.

- Corte abrasivo lubrificado

Para adquirir tamanho adequado e superfície plana, as amostras foram cortadas por uma máquina chamada “Policorte”. Durante o corte a amostra é banhada por óleo lubrificante para que o calor gerado pela fricção não afete o metal. A figura 2.132 apresenta o equipamento para corte do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais (DEMET), da Escola de Minas/UFOP.



**Figura 2. 132: Máquina Policorte para preparo de amostras.**  
Fonte: Arquivo Pessoal

- Desbaste

Primeiro a amostra é passada em uma debastadeira elétrica e depois recebe manualmente uma seqüência de lixas d`água de diversas granulometrias, partindo da mais grossa, n°80, a seco e a partir da n° 240 até a mais fina, n°1200, em água. O objetivo é reduzir as irregularidades superficiais. A figura 2.133 apresenta a debastadeira elétrica e a figura 2.134 ilustra a etapa de lixamento manual.



**Figura 2. 133: Debastadeira elétrica.**  
Fonte: Arquivo Pessoal



**Figura 2. 134: Aplicação de lixa manual.**  
Fonte: Arquivo Pessoal

#### - Embutimento

Algumas amostras de pouca espessura foram embutidas em resinas de silicone para adequado manuseio. Foram utilizadas fôrmas, untadas com desmoldante de silicone.

#### - Polimento

A etapa de polimento é realizada com aplicação de partículas abrasivas. Inicialmente foi utilizado feltro umedecido com água destilada e alumina, agente polidor. Para finalizar o preparo, a amostra recebe polimento com pasta de diamante. A superfície da amostra deve ficar espelhada e isenta de arranhões. A figura 2.135 apresenta o processo de polimento de amostras.



**Figura 2. 135: Etapa de polimento de amostras.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal**

#### - Ataque químico

Antes do ataque as amostras são desengraxadas com acetona e posteriormente álcool. A última etapa antes da análise microscópica consiste em ataque químico para revelar as fases e constituintes, sendo utilizado como reagente químico Nital 2%, composição de 2mL de ácido nítrico e 98mL de álcool etílico.

- **Análise Química e Metalográfica**

A composição química do metal foi obtida no Laboratório da Cia. VDL Siderúrgica, em Itabirito/MG, empregando-se “Espectrometria Óptica”. O princípio da técnica está na queima da amostra por uma descarga elétrica (arco voltaico).

A Tabela 2.1 apresenta a composição química das amostras. Para facilitar a análise, são colocados em destaque os valores de referência dos elementos significativos.

**Tabela 2. 1- Composição química (% em massa) das amostras coletadas em estruturas da antiga Cia Belgo Mineira em Sabará.**

Amostra	C	S	P	Mn	Ni	Cr	V	Cu	W	Ti	Sn	Co	Al	Nb	Fe
01	0,033	0,049	0,051	0,293	0,046	0,018	0,001	0,016	0,002	0,001	0,001	0,015	0,001	0,001	99,472
Amostra	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	V	Cu	W	Ti	Sn	Co	Al	Fe
02	0,033	0,002	0,023	0,020	0,298	0,042	0,012	0,001	0,017	0,002	0,001	0,001	0,015	0,005	99,528
Amostra	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	V	Cu	W	Ti	Sn	Co	Al	Fe
03	0,034	0,002	0,040	0,035	0,287	0,041	0,014	0,001	0,009	0,002	0,001	0,001	0,014	0,002	99,517
Amostra	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	V	Cu	W	Ti	Sn	Co	Al	Fe
04	0,129	0,011	0,037	0,043	0,324	0,041	0,009	0,001	0,071	0,003	0,001	0,003	0,018	0,002	99,305
Amostra	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	V	Cu	W	Ti	Sn	Co	Al	Fe
05	0,326	0,041	0,021	0,011	0,499	0,016	0,010	0,002	0,031	0,002	0,001	0,015	0,005	0,005	99,015

As três primeiras amostras apresentam resultados similares, sendo caracterizadas pelo baixo teor de carbono, porém nenhum outro elemento significativo. Já a quarta amostra apresenta um teor de carbono mais alto. Os demais elementos residuais presentes nas amostras possuem valores dentro de uma faixa normal, não apresentando elementos significativos que modifiquem a sua estrutura. Nota-se, de acordo com a composição química, que as amostras 01, 02, 03 e 04 tratam-se de aço baixo carbono e a amostra 05 de aço médio carbono.

Para uma completa conclusão e identificação dos aços foram realizadas análises para revelar a estrutura cristalina dos materiais. As amostras foram devidamente preparadas, conforme descrito anteriormente, e a análise foi realizada no laboratório do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais (DEMET), da Escola de Minas/UFOP.

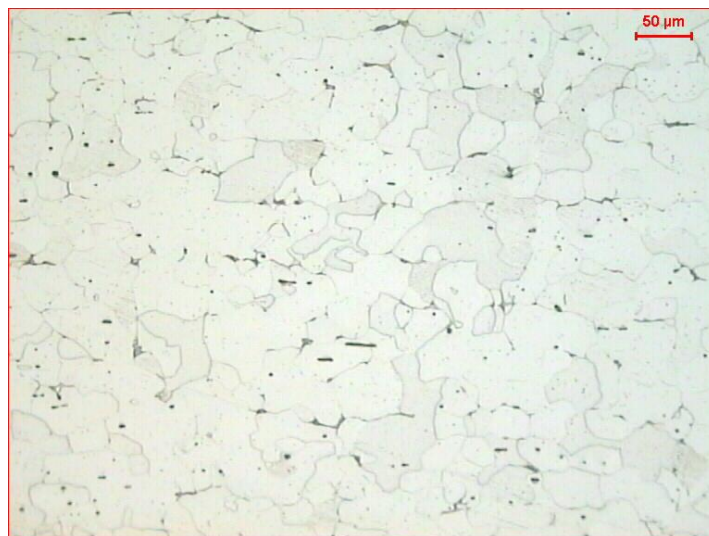
O exame e a interpretação dos dados foram feitos com base na revisão bibliográfica, Colpaert (2008), mediante teoria e comparações de estruturas metalográficas. Os aumentos das fotomicrografias foram indicadas na legenda das figuras.

As análises microscópicas das Amostras 01 e 02, figuras 2.136 e 2.137, coletadas nos pilares do vão da ponte rolante e na oficina, antigas estruturas da Cia Belgo Mineira, são semelhantes e revelam que os aços são constituídos por grãos de ferrita (parte mais clara), o que indica que se trata de aços “extra-doces”, ou seja, macios, sendo esta informação comprovada pelo baixo teor de carbono verificado na composição química. Também é possível verificar algumas inclusões, representadas por pontos mais escuros, consideradas impurezas. Os grãos são

poligonais, aparentemente recristalizados a quente, durante o processo de laminação. A estrutura é usual de aços com baixíssimo teor de carbono, com grãos geralmente acima de 30 $\mu\text{m}$ .



**Figura 2. 136: Fotomicrografia da Amostra 01 - aço extra doce; Nital 2%; 200x**



**Figura 2. 137: Fotomicrografia da Amostra 02 - aço extra doce; Nital 2%; 200x**

A Amostra 03, figura 2.138, coletada em uma das cantoneiras da antiga Oficina, também revela um aço constituído em geral por ferrita, o que indica um metal macio, portanto com baixo teor de carbono. Também aqui é possível verificar impurezas e grãos poligonais, com forma homogênea, supostamente recristalizados a quente.

Os grãos mais escuros, que podem ser vistos nas imagens apresentadas nas figuras 2.136 a 2.138, indicam o início de processo de oxidação, ou seja, corrosão.





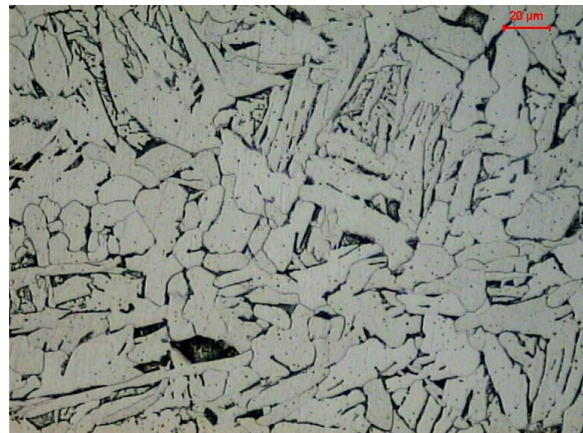
**Figura 2. 138: Fotomicrografia da Amostra 03 - aço extra doce; Nital 2%; 250x**

As figuras 2.139 e 2.140 retratam imagens microscópicas da Amostra 04, em locais diferentes do rebite, coletado em pilar da oficina mecânica. Apesar de prevalecer a ferrita, é possível verificar uma parte mais escura, denominada perlita (lamelas de ferrita e cementita), o que indica um maior teor de carbono em relação aos aços apresentados nas amostras anteriores. As inclusões também estão presentes. Os grãos são heterogêneos, de forma acicular, sendo mais desarranjados na cabeça do rebite. Essa conformação de grãos é supostamente adquirida devido ao método de produção do rebite, conectores instalados a quente, por processo de martelamento. Ocorre retração do material após o resfriamento.

O exame da Amostra 04 foi feito por comparação com uma imagem microscópica apresentada em Colpaert (2008), que mostra uma estrutura acicular em aço doce, oriunda de superaquecimento.



**Figura 2. 139: Fotomicrografia da Amostra 04 – cabeça do rebite; Nital 2%; 500x.**



**Figura 2. 140: Fotomicrografia da Amostra 04 – meio do rebite; Nital 2%; 500x**

A Amostra 05, figura 2.141, coletada em galpão construído mais recentemente (década de 1960), apresenta constituição completamente diferente dos antigos perfis. A estrutura é bandeada e anisotrópica, composta por grãos mais finos de ferrita (parte branca) e perlita (parte escura). A perlita é um constituinte formado por lamelas de ferrita e cementita, o que confere maior resistência mecânica aos aços, principalmente com maior teor de carbono. Portanto, o aço que compõe este pilar apresenta maior dureza em relação às outras amostras apresentadas, e a micrografia corresponde aos resultados apresentados na composição química, sendo enquadrado com médio teor de carbono.



**Figura 2. 141: Fotomicrografia da Amostra 05 - aço médio carbono; Nital 2%; 200x**

Os resultados laboratoriais indicam que as estruturas metálicas encontradas nos galpões da antiga Cia. Belgo Mineira em Sabará tratam-se de aços laminados, sendo os mais antigos caracterizados pelo baixo teor de carbono, considerados aços extra-doces, portanto macios e dúcteis. O galpão implantado na década de 1960, foi inserido para efeito de comparação, e se mostra como um aço de médio carbono, com estrutura bandeada, apresentando características de aço mais recente. O resultado encontrado na composição química confirma os exames realizados por microscopia.

## 2.4 – Cruzamento dos Dados Históricos e da Pesquisa de campo - Belgo Mineira/Sabará

Após o desenvolvimento da pesquisa histórico-documental, o cruzamento desses dados acontece quase que naturalmente ao se descrever o levantamento de campo, e este procedimento acaba por confirmar e esclarecer grande parte das informações, possibilitando a construção de um diagnóstico dos objetos aqui estudados.

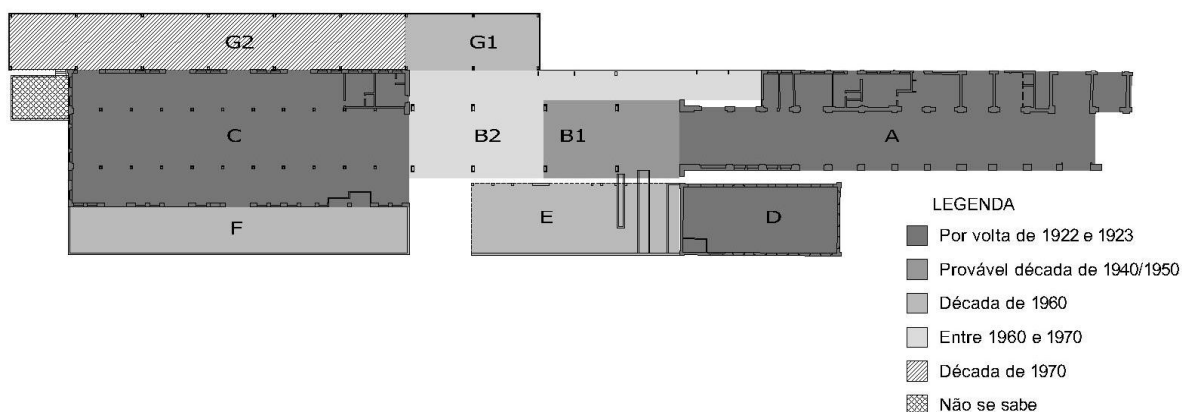
Os dados apresentados na evolução da ocupação da empresa Belgo Mineira são confirmados em levantamento de campo. Dos galpões ainda existentes apenas a Fundação (A), a Modelagem (D), a Oficina Mecânica (C) e a estrutura do vão da ponte rolante (B) fazem parte do conjunto implantado na primeira metade do século XX (figura 2.142), tendo sido as primeiras construções instaladas após a constituição da empresa Belgo Mineira, fato esse revelado por antigas iconografias.

No levantamento de campo foi possível observar que a Fundação, praticamente coberta com estrutura de madeira, ainda guarda duas tesouras metálicas, remanescentes da antiga Aciaria Siemens Martin, citada na pesquisa histórica. A atual cobertura revela as muitas modificações ocorridas e descritas na evolução da ocupação, como as etapas que resultaram na completa cobertura do vão destinado à ponte rolante que, apesar de executada com mesmo modelo de tesouras, é marcada pela composição das peças, sendo que a primeira parte (B1) recebeu caibros e ripas - sendo possível supor ter sido coberta por telhas cerâmicas francesas - sendo os rebites ainda utilizados como conectores. Na segunda parte (B2), as telhas encontram-se diretamente fixadas nas terças e as peças são interligadas por solda.

Um ponto obscuro foi esclarecido através de uma antiga foto da Oficina Mecânica, apresentada na figura 2.30. A imagem revela a fachada frontal da antiga Oficina Mecânica em 1955, que posteriormente foi demolida para interligação entre os galpões, através do vão da ponte rolante.

Registros históricos revelam que a primeira edificação em concreto armado (E) começa a ser construída no final da década de 50, no prolongamento da Modelagem (D). Durante a década de 60 a área industrial ganha uma nova conformação com a construção de mais um prédio em concreto (F), na lateral esquerda da Oficina, e uma construção metálica (G1), com cobertura em shed.

Ainda na década de 60 o vão da ponte rolante (B2) acaba de ser coberto, o que provavelmente resultou na inserção de mais dois pilares junto ao Prédio da Oficina e no prolongamento desta cobertura, que passou a cobrir o primeiro módulo da Oficina (C). A lateral do vão da ponte rolante também é coberta neste mesmo período. Na década de 70 o galpão metálico (G1), na lateral direita da Oficina Mecânica, é ampliado (G2).



**Figura 2. 142: Evolução Área Industrial Belgo Mineira, a partir das edificações hoje existentes.**  
**Fonte: Elaborado com base em levantamento de campo (2011)**

De todas as construções originais existentes, a Oficina Mecânica parece ter sido a mais comprometida após a construção das edificações mais recentes, implantadas no encontro com as fachadas laterais, encobrindo sua volumetria original, apresentada na figura 2.13. Tais interferências não são apenas de caráter estético, mas também técnico-constructivas, uma vez que a forma como as coberturas se encontram dificulta a drenagem pluvial, causando problemas em decorrência da umidade proveniente de infiltração pela cobertura.

Também o prédio da Modelagem, que segundo análise iconográfica foi construída antes mesmo da Fundação, teve sua leitura volumétrica comprometida após a inserção de uma construção em concreto junto de sua fachada posterior, como um prolongamento.

De grande valia, para uma melhor compreensão do conjunto e de suas modificações ao longo do tempo, foram consultas às pranchas dos projetos originais das antigas instalações e construções. Os arquivos constituem preciosos acervos dos sistemas construtivos, tal a riqueza e detalhamento dos desenhos, além da importância enquanto registro das instalações da empresa e dos processos siderúrgicos.

## **CAPÍTULO 3 - O CASO DA MINA DE MORRO VELHO/NOVA LIMA**

### **3.1 – Pesquisa histórico documental da Mina de Morro Velho – Nova Lima**

A Capitania de Minas Gerais foi estabelecida em 1720, mas relatos de descobertas nas regiões de Caeté, Ouro Preto e Sabará datam do final do século XVII, atraindo a partir de então o interesse da Coroa Portuguesa, assim como de exploradores e aventureiros. A exploração do ouro de aluvião se expande atingindo o ápice em meados do século XVIII (PRADO JÚNIOR, 1945).

A Bandeira de Fernão Dias Paes, conduzida por Borba Gato, chega à região a ser denominada Sabarabussu encontrando ouro em abundância no leito do rio que se tornou conhecido como Rio das Velhas. (RODRIGUES, 2012).

Na região denominada Campos de Congonhas, atual cidade de Nova Lima, o ouro foi encontrado por volta de 1700, no leito dos Ribeirões das Congonhas (atual Cardoso) e Cristais pelo bandeirante Domingos Rodrigues da Fonseca Leme, ao subir o Rio das Velhas. O local chamado de Campos de Congonhas das Minas de Ouro passou a distrito de Sabará em 1836, tornando-se Arraial de Nossa Senhora do Pilar de Congonhas de Sabará. Em 1891 é elevado a vila pelo Decreto Estadual nº364, denominada Villa Nova de Lima, se tornando Nova Lima em 1923 (GROSSI, 1981).

Conforme descrito no livro *Morro Velho - História, Fatos e Feitos* (1996), a corte Portuguesa desembarcou no Brasil em 1808 fugindo de Napoleão Bonaparte, que ameaçava invadir o país. A Inglaterra, que havia estabelecido com Portugal, em 1703, o Tratado de Methuen, vinha sendo beneficiada economicamente e em troca de vantagens comerciais oferece escolta para segurança durante a transferência da corte. Ao desembarcar D. João VI decretou a abertura dos portos às nações amigas e a Inglaterra passa a estabelecer relações comerciais e investimentos no Brasil, o que se intensificou em 1810 com a assinatura de um tratado entre Portugal e Inglaterra que concedia privilégios a este país. Privilégio esse que se manteve após a Independência em 1822, por seu papel mediador. Segundo a mesma fonte, foi nesse contexto que empresas mineradoras estrangeiras, em especial as inglesas, acreditando no potencial mineral, começaram a se instalar no Brasil com o objetivo de retomar atividades de exploração do ouro, a primeira delas a Imperial Brazilian Mining Association, que adquiriu as minas de Gongo Soco, em Caeté, por volta de 1825.

Juntamente com as empresas que se instalaram, também vieram técnicos da área como o Barão Wilhem Ludwig Von Eschwege, em 1811, que grande contribuição trouxe nas técnicas de mineração e fundição, como a criação da fábrica Patriótica, na região de Congonhas. A Constituição do Império de 1824 introduz a noção do direito de propriedade e concede autorização para constituição de sociedades, mediante autorização do governo para exploração (PIRES et al., 1995). A exploração do ouro em sua forma primitiva começa a decair por volta de 1819. Von Eschwege introduz nova técnica com grandes engenhos de madeira para triturar o minério e, com o esgotamento de ouro na superfície, o método de extração se transforma, surgindo as primeiras galerias (RODRIGUES, 2012).

De acordo com o livro *Morro Velho - História, Fatos e Feitos*, a Mina de Morro Velho começou a ser explorada em 1725. Situada no arraial de Congonhas do Sabará, hoje cidade de Nova Lima, pertencia à família Freitas, que explorava as terras por métodos ainda rudimentares e mão de obra escrava. Em 1830 a propriedade foi vendida ao Capitão Georges Lyon, antigo superintendente da Mina de Gongo Soco.

“A Mina de Morro Velho foi explorada pela primeira vez em 1725, pelo pai do Padre Freitas, que a comprou por 150.000 cruzados, £600 em nossa moeda, mas, naqueles dias, uma importância muito diferente. O Padre vendeu-a, como foi dito, ao Capitão Lyon, e o custo total da propriedade é de £56.434 12s 7d.” (BURTON, 1976)

Ainda de acordo com o livro *Morro Velho História, Fatos e Feitos*, um grupo de investidores ingleses, funda em 1830 a Saint John D`El Rey Mining Company. Charles Herring é nomeado como Superintendente e Procurador, designado a adquirir as Minas de São João D`El Rey, em crise por falta de capital e alto custo de exploração, até então de propriedade do alemão George Such e sócios. Insatisfeitos com a baixa produtividade, o grupo de investidores abandona as Minas de São João D`El Rey e, em busca de novas terras, adquire a Mina de Morro Velho, vendida, juntamente com todas as benfeitorias, pelos herdeiros do Capitão Lyon à Saint John D`El Rey Mining Company.

Ao longo dos anos a exploração primitiva vai cedendo lugar a uma operação logística, imbuída de técnicas e procedimentos, baseados nos conhecimentos da mineração, geologia e mesmo da mecânica, possibilitando melhor resultado na extração e nos processos para obtenção do ouro.

...às desordenadas explorações e aos processos rudimentares e defectivos da mineração colonial, sucedeu um sistema exemplar, posto em prática com os mais variados recursos da mecânica e da mineralogia, e sobre um inesgotável veio de ouro [...] (PEREIRA e COSTA<sup>12</sup> 2003, apud SILVA, 2007).

Após a compra da Fazenda Morro Velho pela Saint John d'El Rey Mining Company Limited em fins de 1834 tem início uma nova fase de exploração (RODRIGUES, 2012). Os primeiros anos foram destinados a investimentos de reparos, ampliação e modernização das instalações, além de melhorias nas minas existentes até então - Baú, Quebra-Panela e Cachoeira – que, com muito trabalho, tiveram seus poços alargados e alongados, visando facilitar o transporte para o beneficiamento. Como os poços estavam localizados na parte mais alta, o material era transportado em tonéis, através de cabos fixados em torres de madeira, para os moinhos de pilões movidos por força hidráulica (ANDRADE, 2001).

Os lucros começam a aparecer a partir de 1839. A extração era intensa e o minério aurífero após uma triagem passava pelo seguinte processo:

“ (...) enviado aos engenhos de pilões para ser moído e lavado sobre mesas; as areias, retidas nas peles, eram em seguida tratadas por amálgama, em tonéis de Freiberg, enquanto os rejeitos das mesas (tailings) eram submetidos a uma nova moagem nos arrastras, para uma nova concentração de amalgamação.” (FERRAND, 1998).

Libby (1984) destaca que em 1843 é implantada uma via férrea para facilitar o transporte do minério para a superfície e ocorre um aumento considerável de mão de obra escrava.

A produção aumentava, assim como o número de acomodações para escravos e trabalhadores livres (CORREIA, 2006). Segundo Andrade (2001), a companhia “mantinha, à época da estada de Burton em Morro Velho, um contingente de escravos que somava quase dois mil empregados trabalhadores”. Conforme registro de viagem, Burton esteve em Morro Velho entre 1866 e 1867 (BURTON, 1976).

---

<sup>12</sup> PEREIRA, Ebenézer e COSTA, Armando Dalla. *Trajatória Histórica da Empresa Mineração Morro Velho*. Trabalho apresentado no V Congresso Brasileiro de História Econômica e na 6ª Conferência Internacional de História de Empresas, Caxambu/MG, de 07 a 10/set/2003; apud SILVA (2007).

O acesso ao fundo da mina poderia ser feito através de cesta de ferro ou mesmo por escadas. As galerias existentes eram sustentadas por uma fantástica estrutura de madeira. Após a extração, o minério aurífero era conduzido por vagões ao britamento. Reduzido em pequenos tamanhos e após triagem, o minério pobre era transportado por “trenzinho” para a “área da Praia” e o rico seria triturado em pilão movido à água. O ouro finamente laminado passa a flutuar na água, sendo retirado ainda impuro e devia ser tratado novamente, até que se depositasse. A próxima fase denominada concentração, consistia em lavar o ouro em forro de couro de boi, sendo o curso da água contrário ao pêlo. O ouro, sendo mais pesado, se prendia ao couro. A areia fina, rica em ouro passa então pelo processo de amalgamação, que consiste em adicionar mercúrio para remover a areia e outras impurezas. O ouro então era separado do amálgama e, ainda impuro, era submetido ao último processo, este metalúrgico, que consistia em derreter o ouro em cadinhos de argila refratária, para se obter o ouro puro, a ser transformado em barras para comercialização (BURTON, 1976).

De acordo Burton (1976) em sua visita à Morro Velho:

“ (...) resumindo-se as estatísticas de Morro Velho, vê-se que a empresa está vivendo seus grandes dias. A Companhia já durou mais de trinta e sete anos (...) A despesa atual da empresa é, em números redondos, £146.000 por ano, e a receita £230.000. Como mina, não tem paralelo no Brasil; a escavação alcançou zonas inatingidas por outros serviços e, como se viu, sua extensão não tem rival (...)”

Os registros de acidentes eram comuns na Mina de Morro Velho. Em 1857 um desmoronamento da Mina do Baú comprometeu a produtividade, mas foi em 1867, quando um incêndio destruiu a Mina da Cachoeira, que a companhia passou por sua primeira crise, afetando o Arraial de Congonhas do Sabará devido ao desemprego e diminuição das atividades (PIRES et al, 1996). Este acidente também é apontado por Burton (1976), que descreve ter deixado a mina em próspera situação em março de 1867, mas que em 21 de novembro de 1867, um grande incêndio deixa danos consideráveis.

A solução para reabrir a mina foi a construção de dois poços verticais, com mais de 1.000 pés de profundidade, que foram construídos com muita dificuldade, após inundações e desmoronamento das Minas do Baú, Gambá e Cachoeira. Em 1872 os trabalhos são concluídos e as atividades são retomadas com boa produtividade (PIRES et al, 1996).

Para entender de que forma eram realizados e coordenados os trabalhos na Mina. Os cargos de chefia eram ocupados por europeus, sendo o processo de produção organizado por



departamentos: de Minas, de Redução (responsável pela trituração e amalgamação), de Manutenção ou Mecânica, de Armazenagem, Médico, de Contabilidade e dos Negros, responsável pela alimentação, distribuição das vestimentas e inspeção das habitações (BURTON, 1976; LIBBY, 1984 e ANDRADE, 2001).

Nas décadas de 1870/1880 a empresa passa por outra crise, porém neste momento, baseada em ineficiência administrativa e questões técnicas, gerando declínio na produção do ouro. A ausência constante do então Superintendente J. N. Gordon motiva a companhia a substituí-lo por Pearson Morrison em 1876 e, após sua morte, por G.H. Oldham, em 1881. Mas os problemas continuam, e a mudança de rumo nas Minas de Morro Velho ocorre em 1884, com a indicação de George Chalmers, para superintendência da empresa (PIRES et al, 1996). Este jovem inglês se graduou em engenharia civil em 1878, sendo convidado a trabalhar no Brasil para melhorar a administração da companhia (RODRIGUES, 2012).

Chalmers assume a companhia no fim da monarquia brasileira, época de profundas mudanças com a abolição da escravidão, que culmina com a Proclamação da República em 1889. O governo de D. Pedro II foi marcado pela prosperidade, devido à diversificação das atividades econômicas, pois o capital, antes investido no tráfico de escravo, passa a ser aplicado em outros empreendimentos. A Inglaterra passa a investir capital nas casas bancárias que financiavam exportação de café, mineração e nos setores de iluminação, água e transporte, em especial no sistema ferroviário (PIRES et al, 1996).

Na direção por 40 anos, Chalmers foi responsável pela recuperação, modernização e racionalização da Mina Grande. Inicia sua atuação experimentando novos métodos de mineração e um trabalho mais eficiente no beneficiamento do minério. Conseguiu um pequeno lucro com aumento da produção, mas foi surpreendido com um desastre em 1886, um grande desabamento da mina, provocando a morte de alguns mineiros e sendo considerado por muitos como irrecuperável.

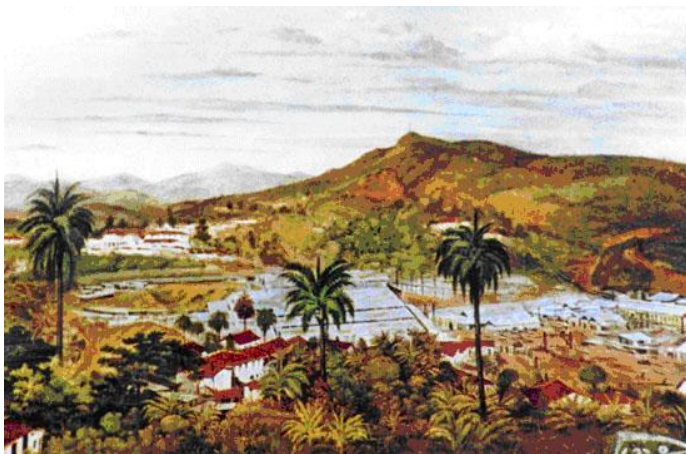
Mesmo diante da tragédia, o novo Superintendente não desanima e planeja a reabertura da mina, convencendo os acionistas que tinham como intenção encerrar as atividades. (RODRIGUES, 2012)

Ao contrário do que se pensava, Chalmers considerava que o “filão principal” que já havia gerado muitos dividendos, poderia ser melhor aproveitado e de acordo com ele deveriam ser

escavados dois novos poços, muito fundos, que ao chegar em uma cabeceira secundária, seria minerado horizontalmente em compartimentos limitados, exigindo menor escoramento de madeira. Os trabalhos começaram em 1889, com máquinas de perfuração e sondagem; tendo também sido feita a reconstrução da fundição e executados serviços de drenagem. As previsões do novo diretor foram acertadas e, a partir de 1894, houve aumento progressivo de tonelada de minério e conseqüentemente de ouro, em relação à Mina Velha (PIRES et al, 1996).

Segundo Hollowood (1955), Chalmers acreditava que “ o filão poderia ser muito mais bem aproveitado, e um novo e aperfeiçoado sistema de lavra seria capaz de eliminar as dificuldades que, até então, haviam prejudicado, arriscado e, finalmente, arruinado o esforço de seus predecessores. (...) Propôs a escavação de dois novos poços que atingiriam o veio em profundidade maior que os anteriores. Chalmers planejou uma nova mina, moderna para a época, muito diferente dos antigos métodos de lavra. Para tal, projetara a extração e transporte por meio de dois poços muito mais profundos.”

Grande admirador e conhecedor do trabalho de George Chalmers, Rodrigues (2012) aponta que a atitude do superintendente foi ousada, porém decisiva para salvar a Mina de Morro Velho. Mesmo com toda escassez de recursos e falta de tecnologia, conseguiu reabrir a mina com a “perfuração de dois poços de 740m de profundidade cada um, em apenas três anos”, com a colaboração dos funcionários e efetiva contribuição da Casa Aristides, estabelecimento comercial de Nova Lima, que durante anos foi o maior do Estado.



**Figura 3. 1: Morro Velho no século XIX**  
**Fonte: CORREIA, 2006**

Segundo Rodrigues (2012) foram necessários sete anos, entre 1889 a 1896, para a reabertura da mina, que foi oficialmente inaugurada em agosto de 1901. A nova planta metalúrgica,

planejada por George Chalmers, também conhecida como Redução, foi inaugurada em 1895, tendo sido utilizada como beneficiamento de minério extraído de outros locais até que a Mina fosse reaberta. O que comprova que os investimentos também foram feitos na construção de galpões e oficinas para redução do minério aurífero. A Mina inicia uma nova fase de prosperidade.

A chamada “Era Chalmers” também realizou outros investimentos pioneiros como a construção de hidrelétricas e um sistema de refrigeração para mina, sem contar a instalação da linha da estrada de ferro elétrica, inaugurada em 1913, ligando a mina à Estação de Raposos. Todas essas ações fizeram com que a Mina de Morro Velho acompanhasse o desenvolvimento da mineração mundial (RODRIGUES, 2012).

As usinas hidrelétricas permitiriam a substituição da perfuração manual pela mecânica. Inicialmente foram construídas a de Retiro, Rezende e Cristais, mas por não serem suficientes, desenvolveu-se um projeto para aproveitamento de uma região acidentada, banhada pelo Rio das Velhas. O projeto recebeu resistência inicial, mas foi aceito recebendo o nome de Rio do Peixe. Posteriormente foi ampliado para instalação da usina de refrigeração. Com a Primeira Guerra Mundial, 1914-1918, a Inglaterra, principal potência econômica se volta para guerra e a Saint John D’El Rey interrompe os investimentos. As condições de temperatura na mina estavam cada dia piores, o que levou a perda de produtividade, sendo recuperada a partir de 1920, com a chegada dos equipamentos de refrigeração (PIRES et al, 1996).

Rodrigues (2012) aponta que o projeto hidrelétrico Rio do Peixe, composto de seis usinas geradoras, foi construído entre 1904 e 1937 e aproveitava as águas dos ribeirões dos Cristais, dos Macacos e Rio de Peixe, além das represas artificiais Miguelão, Codorna e Lagoa Grande, atual Lagoa dos Ingleses. Além de abastecer a empresa, também fornecia parte de energia às cidades de Nova Lima, Raposos e Belo Horizonte.

Dando prosseguimento à política de aquisições de novas minas, iniciada em 1878, quando a Saint John D’El Rey adquiriu a Mina de Cuiabá em Sabará, Chalmers também foi responsável pela aquisição de novas terras, como a Mina do Espírito Santo (Raposos) em 1899, a Mina do Faria em 1908 e a Mina de Bicalho em 1923 (PIRES et al, 1996).

Segundo Silva (2007) “a empresa Saint John d’El Rey Mining Company, Limited era de grande porte e reunia, até 1880, duas capelas (uma anglicana e uma católica), teatro, hospital, escola, cemitério, casa de hóspedes, casas para empregados e chefes casados, hospedaria para os solteiros, alojamentos coletivos para escravas e escravos solteiros e mocambos para os casados.”

Soma-se a todas as ações do Superintendente George Chalmers: a construção do Bicamente em 1890, para abastecimento de água à Saint John d’El Rey Mining Company; a implantação do bairro das Quintas dos Ingleses em 1896, para abrigar os diretores e engenheiros; a inauguração do Hospital Morro Velho em 1905; a criação do clube recreativo das Quintas em 1896; a construção de uma igreja anglicana em 1911; a construção da Pensão Retiro em 1913, a inauguração do prédio da Usina Hidrelétrica do Gaia em 1903, entre outros feitos. Chalmers morou na Casa Grande, construída pelo Padre Antônio de Freitas em 1830, durante todo o tempo que dirigiu a empresa. Durante este período o imóvel passou por alterações e ampliações (RODRIGUES 2012).

Após a reabertura da mina, no início do séc. XX, a Companhia passa por um período de contratações de funcionários europeus, o que veio a formar duas novas colônias, italiana e espanhola. Também chegam imigrantes chineses (ANDRADE, 2001; PEREIRA e COSTA, 2003 apud SILVA, 2007).

A primeira metade do século XX foi marcada por dificuldades não apenas por alguns desafios nas atividades de mineração, mas também devido ao quadro de instabilidade política e econômica mundial, que tem início com o “crack” da Bolsa de Nova York em 1929, tendo como resultado queda da produção industrial e dos preços agrícolas, falência, desemprego e diminuição do comércio internacional, o que acabou por prejudicar as exportações de café, ainda então o principal produto econômico do Brasil. A chamada “Grande Depressão”, crise econômica que se instaurou e terminou apenas com a Segunda Guerra Mundial, embora tenha sido responsável pela desvalorização do ouro, enfraqueceu a oligarquia do café, acabando por contribuir para o desenvolvimento industrial do Brasil. Getúlio Vargas assume o poder após o golpe militar de 1930, com uma política intervencionista, e a Constituição de 1934 determinou que a exploração das jazidas dependesse da concessão do estado e a exploração de exclusividade dos brasileiros, salvo empresas estrangeiras que já operavam no país. A Constituição de 1937 e 1946 avança e determina que as jazidas sejam de propriedade da União, portanto, a exploração dependia das concessões do Governo. A tributação estimulava

as atividades de mineração e o governo garantia a compra de toda produção (PIRES et al, 1996).

George Chalmers foi substituído por seu filho, Alexander George North Chalmers em 1924 e após um ano de trabalho e dificuldades com carência de mão de obra, a Mina Grande retoma sua produtividade. Em 1930, a superintendência é assumida por A. H. Millet e a exploração da Mina Grande continua, atingindo em 1934 o ponto mais profundo, sendo instalada mais uma usina de refrigeração. Millet também passa a explorar a Mina do Espírito Santo, em Raposos, ligando esta a Morro Velho por um cabo aéreo, aumentando a produção do ouro. A Hidrelétrica do Rio do Peixe sofre expansão em 1933 e são inauguradas as represas da Codorna em 1936 e do Miguelão em 1937 (PIRES et al, 1996).

No início dos anos de 1930, são implantados moinhos para trituração do minério o que vem “eliminar o trabalho de mulheres nessa área e é proibido, por lei, o trabalho de menores de 21 anos no subsolo” (PEREIRA e COSTA, apud SILVA 2007).

Davies assume a companhia em 1940, durante a Segunda Guerra Mundial, época de crise com alta da inflação e mão de obra escassa. No final da guerra o preço do ouro é fixado no mercado internacional, prejudicando empresas mineradoras e as dificuldades em importar equipamentos acentua a queda da produção. Somam-se a estas questões os movimentos trabalhistas, que se iniciam nesta época. Os problemas continuam na administração de W. R. Russel (1948-1953), G. P. Wigle (1953-1954), A.L. Yarnell, O. B. E (1954-1955) e de h.C.Watson (1955-1956). Em 1957 a corretora canadense Leo Model assume o controle das ações da Saint John D`EL Rey e a mina passa por reorganização administrativa e processo de modernização (PIRES et al, 1996).

Durante o governo de Juscelino Kubitscheck, em 1958, a Saint John D`EL Rey Mining Company Limited passa o controle acionário da companhia para a empresa americana Hanna Mining Company. Esta empresa inicia os trabalhos estrategicamente, com estudos geológicos e de viabilidade. O país passava por movimentos sociais e trabalhistas, que defendiam a nacionalização da economia e o ouro apresentava baixa no mercado internacional. A realidade não convenceu os novos acionistas e, para evitar o encerramento das atividades na Mina Morro Velho, solução essa encontrada juntamente com o Governo Federal, o controle da antiga Saint John D`EL Rey e de suas jazidas de ouro foram transferidas para acionistas brasileiros (PIRES et al, 1996).

A empresa denominada Mineração Morro Velho S.A. foi criada em 1960, administrada pelos sócios majoritários Walter Moreira Salles, Horácio de Carvalho e Fernando de Souza Mello Viana, com apoio e trabalho de geólogos, engenheiros e técnicos americanos. A nova administração percebe a importância do treinamento e, com uma nova visão empresarial, a empresa começa a criar um quadro técnico de profissionais de nível superior formados em universidades brasileiras. Também os operários são incentivados com a possibilidade de adquirirem cargos de comando (PIRES et al, 1996).

A década de 60 representa uma grande mudança gerencial e nas relações de trabalho que resultaram em alta da produtividade. Já os anos 70 foram marcados pela modernização tecnológica e aquisição de novos equipamentos que exigiam investimentos. Motivados pelo afastamento do então Presidente Fernando de Souza Melo Viana, em 1968 a nova direção, ocupada até 1970 pelo Presidente Jonas Barcelos e posteriormente por Walter Moreira Salles (de 1971 a 1974), viu-se impulsionada a buscar um novo acionista com capital para investimento e conhecimentos e experiência na área da mineração (PIRES et al, 1996).

Segundo o livro Morro Velho – História, Fatos e Feitos, a Mina Velha é reaberta em 1959, e juntamente com a Mina Grande foi explorada até 1989, quando foram interditadas devido a um grande abalo geológico. As atividades retornam em 1994 com a utilização de uma nova tecnologia, “back fill”, que consiste em preenchimento de vazios. Em 1995, as atividades na Mina Grande são paralisadas por não serem consideradas suficientemente rentáveis diante de processos tão complexos de trabalho. A Mina Velha representou “um marco de modernidade na Mineração Morro Velho, introduzindo mudanças no conceito de produtividade”.

Os primeiros contatos com a Anglo American Company, grande empresa de mineração de ouro, ocorreu em 1974. Originada na África do Sul, foi fundada por Ernest Oppenheimer e ficou sob a direção de seu filho, Harry Oppenheimer a partir da década de 50. Duas missões, a primeira liderada pelo geólogo escocês Robert Lyall e a segunda composta por uma equipe multidisciplinar, foram favoráveis à associação com a Mina de Morro Velho, já apresentando em relatório (1974) os problemas pontuados. Em 1975 a Anglo American passa a ser sócia com 49% das ações, assumindo a vice-presidência e a superintendência, representada por Johanner Renier Rousseau. O grupo brasileiro, que pela legislação brasileira precisava ser majoritário, fica com a presidência, sendo indicado Eleutério Mário Ferreira. Em 1980 o controle nacional é transferido para o Grupo Bozano Simonsen, dirigido por Júlio Rafael de

Aragão Bozano, sendo a presidência assumida em 1993 por Juvenil Tibúrcio Félix (PIRES et al, 1996).

Em 1993, como parte da reestruturação da Anglo American Corporation, o grupo transferiu os ativos brasileiros para o seu braço europeu, a Minorco. Em 1999, todos os ativos da Minorco foram adquiridos pela AngloGold. Em 2004, houve a fusão entre a AngloGold e a Ashanti Goldfields. Desde então, a companhia passou a ser reconhecida como AngloGold Ashanti (CENTRO DE MEMÓRIA, 2010)

A cidade de Nova Lima formou-se e desenvolveu-se através da mineração, inicialmente primitiva da bateia e da picareta. A história mostra que no final do século XVIII e início do XIX a mineração aurífera demonstrava sinais de decadência e Congonhas de Sabará, atual Nova Lima, assim como outras cidades e arraiais que viviam da atividade de exploração do ouro, viveu um período de completo abandono. Saint-Hilaire, em visita ao arraial em 1830, descreve que “o precioso metal esgotou-se, os trabalhos tornaram-se difíceis e Congonhas atualmente apresenta decadência e abandono”.

O investimento estrangeiro na década de 1830 foi fundamental para o aprimoramento da extração aurífera subterrânea e com a chegada dos ingleses a área tornou-se “um verdadeiro canteiro de obras, palco da instalação e desenvolvimento do maior projeto industrial capitalista inglês para extração de ouro instalado no país” (ANDRADE, 2001). A cidade de Nova Lima cresceu junto com a empresa e, como bem descreve Rodrigues (2012), sua trajetória se confunde com a história da Mina de Morro Velho.

As propriedades da Mina de Morro Velho e suas instalações, hoje de grande valor patrimonial, desenvolveram-se dentro da cidade ou teria sido a malha urbana que se expandiu no entorno da empresa? Este trabalho não tem como propósito debater as questões urbanas, mas de qualquer forma são inegáveis as inter-relações e a influência que a companhia exerceu durante todos esses anos na configuração da cidade e na formação de sua sociedade.

Libby (1984) afirma que a Mina de Morro Velho foi a maior e mais lucrativa empresa de mineração que atuou em Minas Gerais. Não é possível mensurar, mas com certeza esta companhia em muito contribuiu para a história do desenvolvimento econômico do Estado de Minas Gerais e do país.

É presumível que atualmente a cidade de Nova Lima esteja passando por uma nova fase, com a interrupção das atividades de exploração em 1998. Segundo Andrade (2001), Nova Lima hoje inserida dentro da Região Metropolitana de Belo Horizonte, encontra-se atualmente transformada em uma cidade dormitório.

Paralelamente a esse fato, a AngloGold Ashanti propõe um plano de requalificação para o local, que será descrito adiante, tendo como objetivo a ocupação das áreas e edificações da Companhia. Uma atitude louvável, que deve ser conduzida de forma consciente, baseada em estudos multidisciplinares, que garanta a manutenção e preservação dos bens patrimoniais da empresa.

### **3.1.1 – Evolução da ocupação da área industrial Mina de Morro Velho – Nova Lima**

Após a compra da Mina de Morro Velho em 1834 pelos ingleses, a área se transformou em um verdadeiro canteiro de obras. Como já mencionado anteriormente, os primeiros anos de direção da Saint John D`El Rey Mining Company foi marcada por obras de reparo, ampliação e modernização das instalações. (ANDRADE, 2001). O grande número de trabalhadores exigiu a construção de habitações para acomodação dos mesmos. Conforme aponta Libby (1984), na parte alta e localizados a oeste da área de redução, foram construídos dois agrupamentos distintos denominados Boa Vista e Timbuctoo, destinados a escravos.

Segundo Silva (2007), um conjunto arquitetônico - instalações fabris, moradias e equipamentos comunitários - foi sendo implantado no local, resultado de todo investimento realizado. Embora tenha existido a formação de um núcleo arquitetônico, as referências sobre essas edificações são escassas, mas algumas fotos de época revelam construções próximas, formando conjuntos, implantação favorável ao terreno e aproveitamento da declividade para transporte do minério. Acredita-se que as construções citadas por BURTON (1976) como caiadas, apresentavam traços da arquitetura colonial<sup>13</sup>. Esta seria a tipologia arquitetônica empregada nas construções da companhia neste período. A paisagem da figura 3.2 é marcada pela Igreja Anglicana e vista da área de redução. Já na figura 3.3 é possível observar o armazém da companhia no canto superior direito e, na parte central, a Casa Grande e a Hospedaria do Padre Freitas.

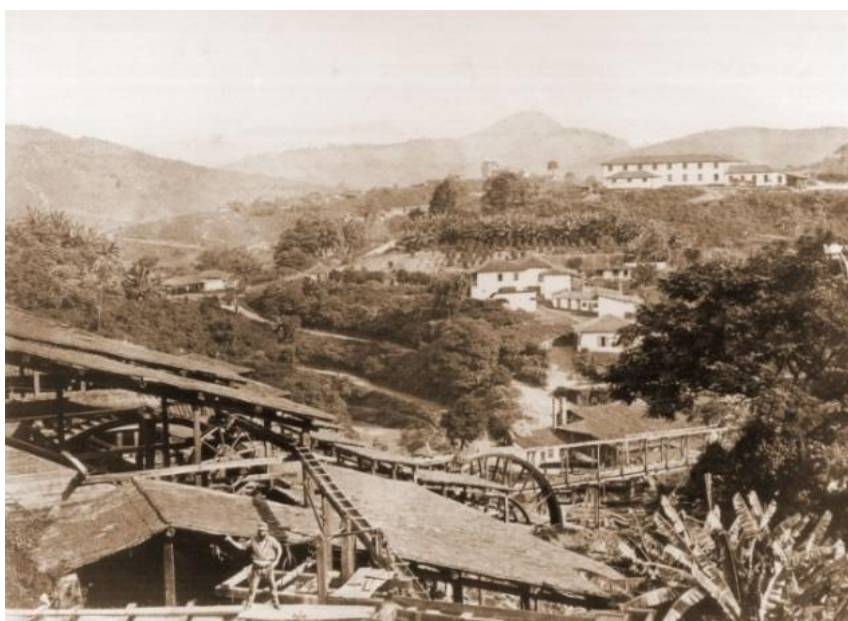
---

<sup>13</sup> “residências ao nível do solo, com sistema construtivo de alvenaria de tijolos de adobe, reboco de cal e areia; cobertura em telhado colonial” (SILVA, 2007).





**Figura 3. 2: Área de Redução do minério provavelmente na segunda metade do século XIX.**  
**Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.**



**Figura 3. 3: Área de Redução do minério provavelmente na segunda metade do século XIX.**  
**Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.**

As imagens que retratam as antigas edificações para processamento do minério, figura 3.4, se apresentam como estruturas simples, com sistema estrutural em madeira, cobertas com telhas cerâmicas, em geral de uma água. É possível notar a presença das rodas d'água e de casas caiadas de branco. Estes locais são descritos de forma meticulosa por Burton (1976) que, embora tenha se referido aos mesmos como espaços escuros, pequenos e superlotados, aponta que estes não apresentavam poluição e o ruído dos pilões parecia agradável.



a) Vista das antigas edificações da área industrial



b) Vista das áreas de processamento do minério



c) Vista de roda d'água.



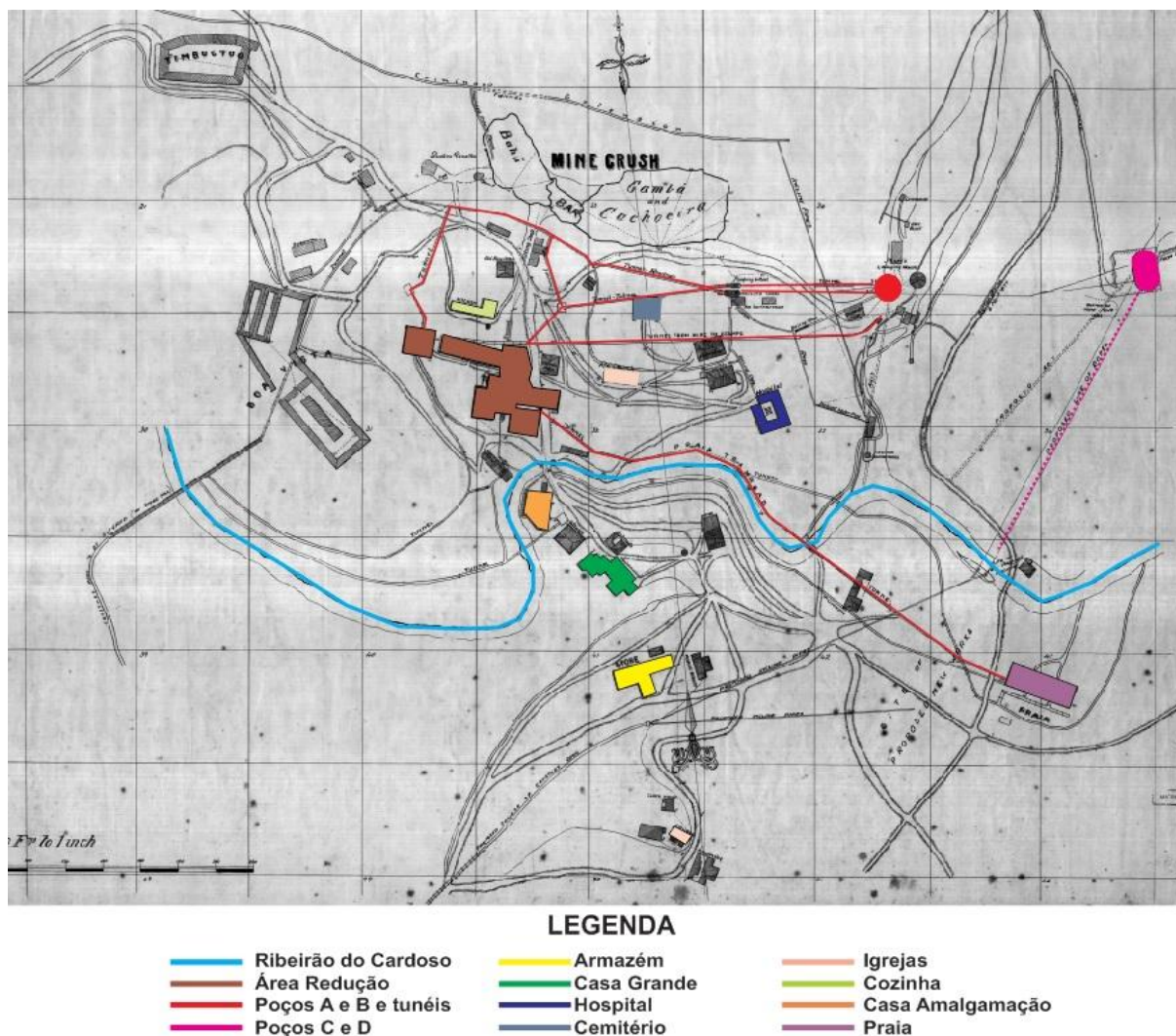
d) Vista de roda d'água e casas caiadas.

**Figura 3. 4: Área de Redução do minério provavelmente na segunda metade do século XIX.**

**Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.**

O mapa da figura 3.5 apresenta a área de redução da companhia em 1886. É possível identificar o Ribeirão do Cardoso, as minas, os poços A e B, várias construções que formavam a área industrial, a localização do Armazém, da Casa Grande, do hospital, do cemitério, das igrejas, além das vilas Timbuctoo e Boa Vista que, de acordo com Libby (1984), foram construídas a oeste da redução para abrigar os escravos.

Como bem descreve Silva (2007), a planta industrial encontra-se “na parte ocidental do vale”, sendo composta pelas “instalações da área de redução do minério, incluindo galpões, ferraria, oficina de trituração e escritórios da mina”. Uma construção indicada como cozinha também aparece no mapa, sendo citada por Burton (1976) como uma “grande casa caiada de branco”, segundo ele utilizada como cozinha para os negros. Conforme se observa no mapa, a Casa Grande parece ter sido implantada em local estratégico, na margem oposta do vale, com acesso através de uma ponte, passando pela Casa de Amalgamação e cocheiras, em local mais alto de onde se pode observar a área de Redução.



**Figura 3. 5: Surface Plan of Morro Velho Establishment – Showing position of Mine Crush & Botta, of the Mine, 1886. Saint John d’El Rey Mining Co Ltd.**  
**Fonte: Elaborado com base em mapa do Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.**

Dentre os acidentes registrados, o desabamento ocorrido em 1886 foi de grandes proporções e paralisou as atividades da mina, já na época da direção do superintendente George Chalmers.

E nessa época ocorre uma grande transformação não apenas nos meios de exploração, mas também na ocupação e implantação das instalações superficiais para processamento do minério. Surge uma nova Planta da chamada Área de Redução, ou Área Metalúrgica, com a abertura de dois novos poços verticais C e D, conforme já descrito.

Silva (2007) descreve que, segundo Ferrand (1998), a localização dos novos poços se dava “no flanco da montanha vizinha à dos afloramentos e uma galeria situada no pé da montanha foi aberta para comunicar os poços com o vale”, em área denominada Praia, local onde teria sido instalada a usina de tratamento. Segundo Burton (1976), a praia se tratava do local à

margem do Ribeirão do Cardoso, para onde se destinava o refugio da antiga redução. Silva (2007) informa que este fato foi confirmado por escavações arqueológicas realizadas em 2006, como será visto adiante.

O plano de Chalmers começa a ser traçado já no mapa apresentado de 1886, data da grande tragédia que paralisou as atividades da mina. Neste mapa é possível verificar a localização dos novos poços C e D e da citada galeria de acesso. A nova área industrial passa a ser planejada na “porção oriental do vale”.

A escavação da galeria, com 307m de comprimento, tem início em 1889 sendo concluída em 1890; enquanto a perfuração dos novos poços C e D, um com 662m de profundidade e outro com 700m, tem início em 1889, encerrando-se em 1892. (LEONARDOS<sup>14</sup>, 1970 apud RODRIGUES, 2012). A nova planta metalúrgica é inaugurada em 1895 (RODRIGUES, 2012).

A nova planta industrial de Morro Velho foi projetada dentro do cenário de transformações e desenvolvimento do início do século XIX no Brasil. O inglês George Chalmers, engenheiro civil de formação, chega a Morro Velho trazendo uma bagagem do desenvolvimento industrial europeu, que certamente contribuiu para o resultado da nova área industrial que seria implantada.

Segundo Silva (2007) não são muitos os registros históricos após o acidente de 1886. As análises da evolução da ocupação foram feitas através de fotografias e mapas, sempre que possível baseado em fatos históricos. A nova planta adquire uma conformação mais aberta e a implantação considera a declividade do terreno para o processo de beneficiamento do minério por gravidade. “Resultado das inovações, proporcionadas pelo uso do ferro na arquitetura, são projetados e construídos, entre os anos de 1892 e 1920, os galpões das oficinas com estruturas de pilares em perfis metálicos, cobertos com telhas cerâmicas francesas ou galvanizadas e com telhados em estrutura de ferro no lugar da tradicional estrutura de madeira, além de apresentarem paredes vedadas com chapas onduladas de ferro galvanizado e até mesmo com chapas de zinco”. As fotos apresentadas nas figuras 3.6 e 3.7 mostram os galpões onde foram instalados o engenho e instalações para redução do minério.

---

<sup>14</sup> LEONARDOS, Othon Henry. Geociências no Brasil e a contribuição britânica. Rio de Janeiro: Fórum, 1970.



**Figura 3. 6: Vista área da Redução na década de 1910.**

**Fonte:** Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.



**Figura 3. 7: Vista área da Redução na década de 1910.**

**Fonte:** Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.

O mapa apresentado na figura 3.8, datado de 1902, revela a área industrial da companhia no início do século XX, com os novos poços C e D e a projeção da galeria até a nova entrada da mina. Neste registro as construções encontram-se identificadas por cores, que indicam as novas e antigas construções. As edificações em azul referem-se às construções desativadas da antiga área de redução, enquanto as em vermelho destacam, entre outras edificações, o Hospital, a Casa Grande e o Escritório Velho, antigo Armazém de Víveres. Em rosa estão as primeiras construções realizadas na área da nova Redução. Segundo Silva (2007), trata-se do primeiro Clean-up<sup>15</sup> realizado pela Companhia, apesar de não ser resultado de término das atividades de mineração.

---

<sup>15</sup> *Clean-up* ou limpeza é o procedimento que ocorre quando do encerramento das atividades de operação no subsolo e beneficiamento do ouro. Consiste no processo de demolição das instalações e escavação da Planta Metalúrgica, para recuperação do ouro não tratado, que se acumulou ao longo dos anos no solo e equipamentos na área (SILVA, 2007).



**Figura 3. 8: St. John Del Rey Mining Cº. Ld/Plan of the Morro Velho Surface Works. October 10th 1902. Área Industrial, cuja planta foi idealizada por George Chalmers no final do século XIX. Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.**

A partir do estudo dos mapas (figuras 3.8 e 3.9) é possível constatar que as construções existentes na nova área industrial, no início do século XX, quando da reabertura da mina, eram os galpões para engenho e redução do minério, as oficinas Mecânica e Ferraria, a Casa de Força, a Boca da Mina e Máquina do Shaft, os Vestiários e Escritórios da Mina, Compressores, Almojarifado e o Prédio da Elétrica.

Através desses registros é possível concluir que estas edificações datam do período compreendido entre 1895 e 1920. Cabe destacar que, ao longo dos anos, as edificações

sofreram acréscimos e modificações mas, em geral não comprometeram a tipologia original. Além dessas edificações, também foi construído neste período o Shaft do Mingú, exaustores para retirar o “ar viciado” da Mina Grande (SILVA, 2007).

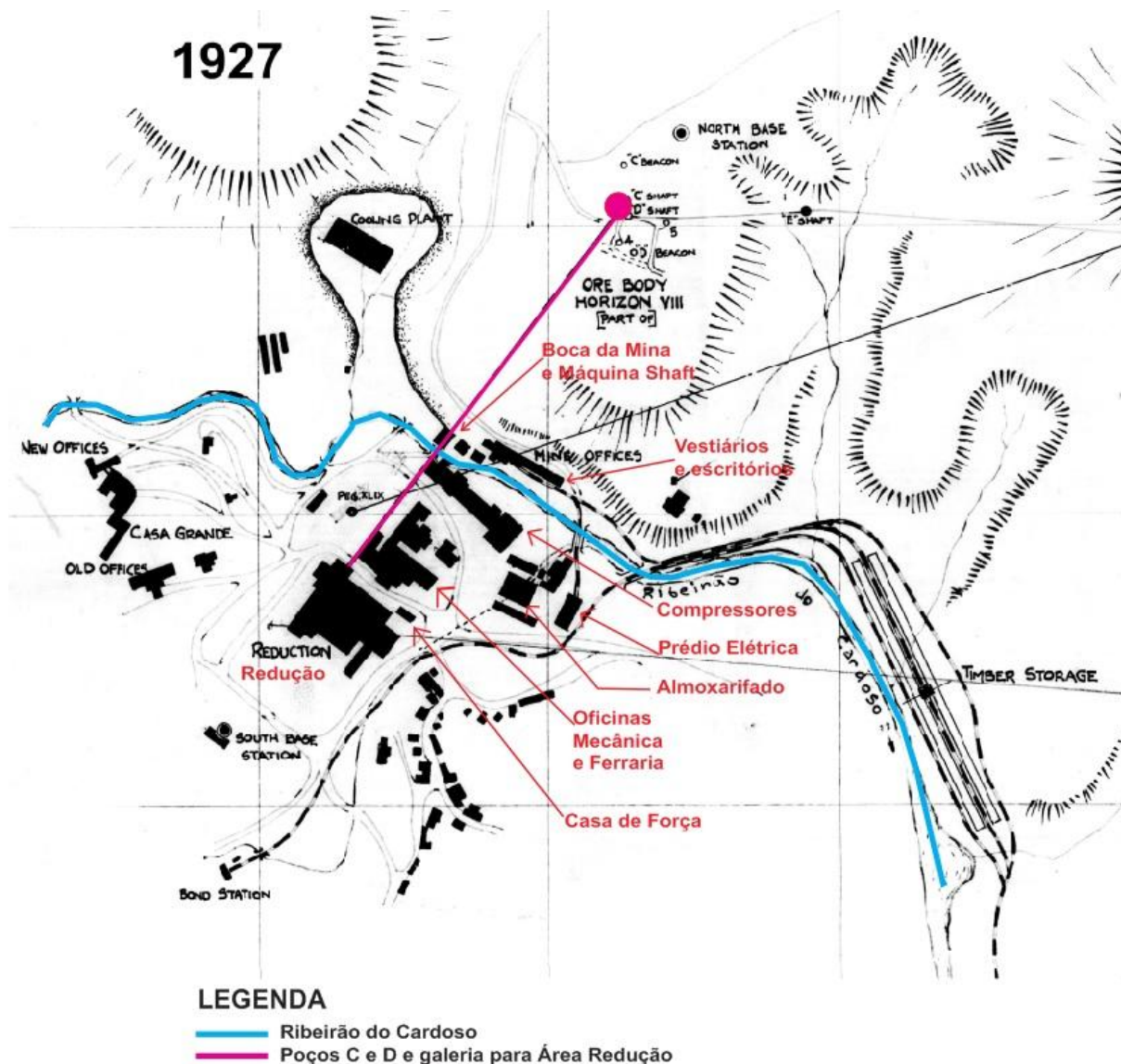


Figura 3. 9: Planta Metalúrgica de Nova Lima em 1927.

Fonte: Elaborado com base em mapa do Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.

A foto da figura 3.10, mostra o interior da área de redução do minério. Nota-se o desnível do piso e a implantação dos galpões de forma a aproveitar a declividade do terreno. Detalhe para a estrutura metálica, em perfil com seção “I” laminado e tesouras tipo vagão.

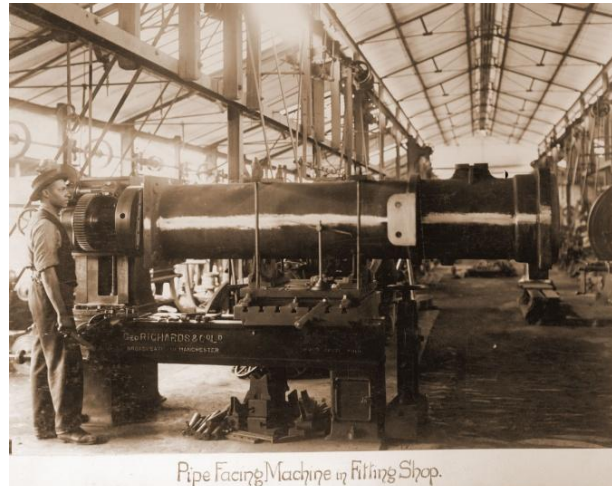
A figura 3.11 retrata vista de um dos galpões da área industrial, provavelmente na década de 1910. É frequente o emprego do perfil metálico nos pilares, aparentemente em perfis

laminados com seção “I”. A cobertura é estruturada com tesouras em perfis leves, tipo “Polonceau”, supostamente articuladas, vencendo grandes vãos. Mas é possível notar também sistema estrutural em madeira, de grande apuro formal, que parece auxiliar como suporte nas operações. As noções de higiene e salubridade são consideradas através de grandes vãos, pé direito alto, emprego de telhas translúcidas e lanternin, que favorecem a iluminação e ventilação das áreas de trabalho.



**Figura 3. 10:** Vista interior da área de Redução provavelmente no final da década de 1890.

Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.



**Figura 3. 11:** Área industrial provavelmente na década de 1910

Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.

A área onde se encontra o prédio do Almojarifado (figura 3.15), local denominado "Praia" (figura 3.5 e 3.9), recebeu diversos usos ao longo dos anos. Inicialmente teria sido um Engenho, sendo posteriormente instalada uma Fábrica de Cadinhos, que passou por diversas modificações, recebendo o atual prédio do Almojarifado. As informações ainda são obscuras e espera-se que trabalhos de arqueologia esclareçam os fatos.

Conforme relatório da empresa DUO Projetos e Consultoria, durante limpeza da área em 2005, foram encontrados vestígios arqueológicos de estruturas industriais, em local de um antigo engenho. Os trabalhos de remoção de terra passam a ser monitorados por profissionais de arqueologia, que iniciam um trabalho de reconhecimento deste sítio. Maior atenção é dada à região próxima ao Almojarifado, por apresentar uma maior concentração de remanescentes.

Os trabalhos de arqueologia no piso da antiga Fábrica de Cadinhos, que existiu no prédio do Almojarifado, foram iniciados em 2008. Após um período de paralisação, os trabalhos foram retomados e antigas estruturas, tais como canais e antigos fornos e pisos, estão sendo reveladas abaixo do piso de concreto da antiga fábrica. Este louvável trabalho, realizado sob a



coordenação do arqueólogo Fabiano Lopes de Paula, evidencia as estruturas do sítio arqueológico, revelando a história e evolução desta edificação. A figura 3.12 registra o monitoramento de arqueologia, realizado em 2005, e a figura 3.13 apresenta os cadinhos, encontrados no local.



**Figura 3. 12:** Sítio Arqueológico na área conhecida como “Praia”. Data: agosto 2005.  
**Fonte:** Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.



**Figura 3. 13:** Achados arqueológicos (cadinhos) na área conhecida como “Praia”. Data: agosto 2005.  
**Fonte:** Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.

A figura 3.14 registra uma imagem da antiga Fábrica de Cadinhos no início do século XX. É possível notar a estrutura metálica empregada como sistema construtivo do galpão que, posteriormente, recebe o almoxarifado. Os pilares são formados por uma composição de chapas e cantoneiras. As tesouras, formadas por uma composição treliçada de cantoneiras metálicas, são apoiadas sobre consoles nos pilares de sustentação.

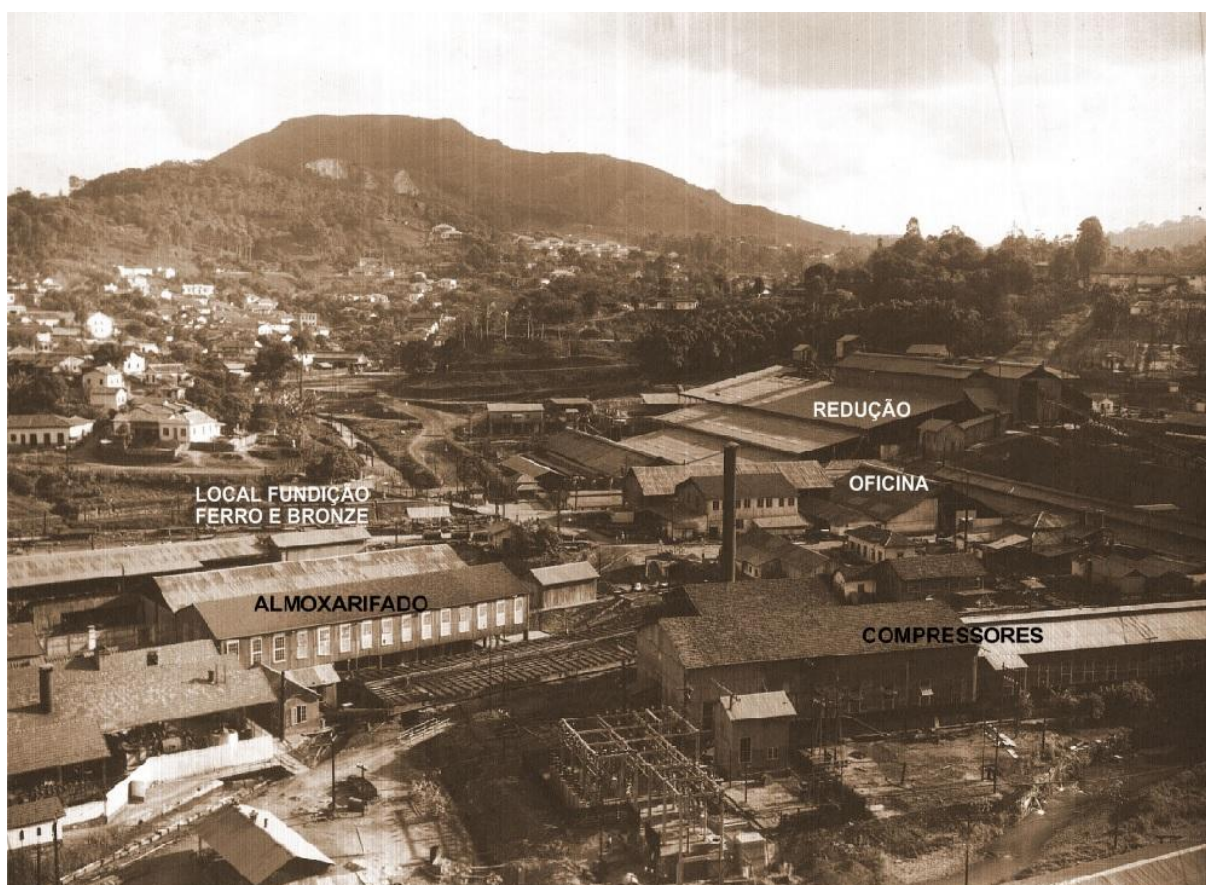


**Figura 3. 14:** Vista da antiga Fábrica de Cadinhos em 1903.

**Fonte:** Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA et al (2011)

Ao longo dos anos, a área industrial sofre grande adensamento, como pode ser visualizado na fotografia apresentada na figura 3.15, provavelmente da década de 1930, podendo-se observar

as edificações destinadas a Redução, Oficina Mecânica, Almoxarifado e Compressores. Neste período ainda não existia a Fundição Ferro e Bronze, que se encontra implantada na frente da Mecânica. Esse aumento do número de construções possivelmente foi causado pela necessidade de instalação de novos serviços ou mesmo aumento de área para processamento. De acordo com Hollowood (1955) todas as necessidades eram ali supridas, característica marcante pelo fato de ter vivido época de isolamento da região e dificuldade de transporte.



**Figura 3. 15: Foto panorâmica parcial da área Industrial provavelmente na década de 1930.  
Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.**

A seguir são apresentados os projetos das edificações da Carpintaria, figura 3.16, datado de outubro de 1933; da Casa de Moldes, figura 3.17, datado de novembro de 1936, e da Fundição Ferro e Bronze, figura 3.18, de dezembro de 1936.

A Carpintaria apresenta projeto bem mais simplificado, com desenhos dos eixos estruturais. O partido arquitetônico se divide em três módulos, vencendo grandes vãos de 15m e 10m. As coberturas são divididas em três módulos, cada uma com duas águas. A estrutura do telhado é

desenhada com tesoura plana treliçada. A proposta se apresenta de forma racionalizada e industrializada, mas em projeto os materiais não são especificados.

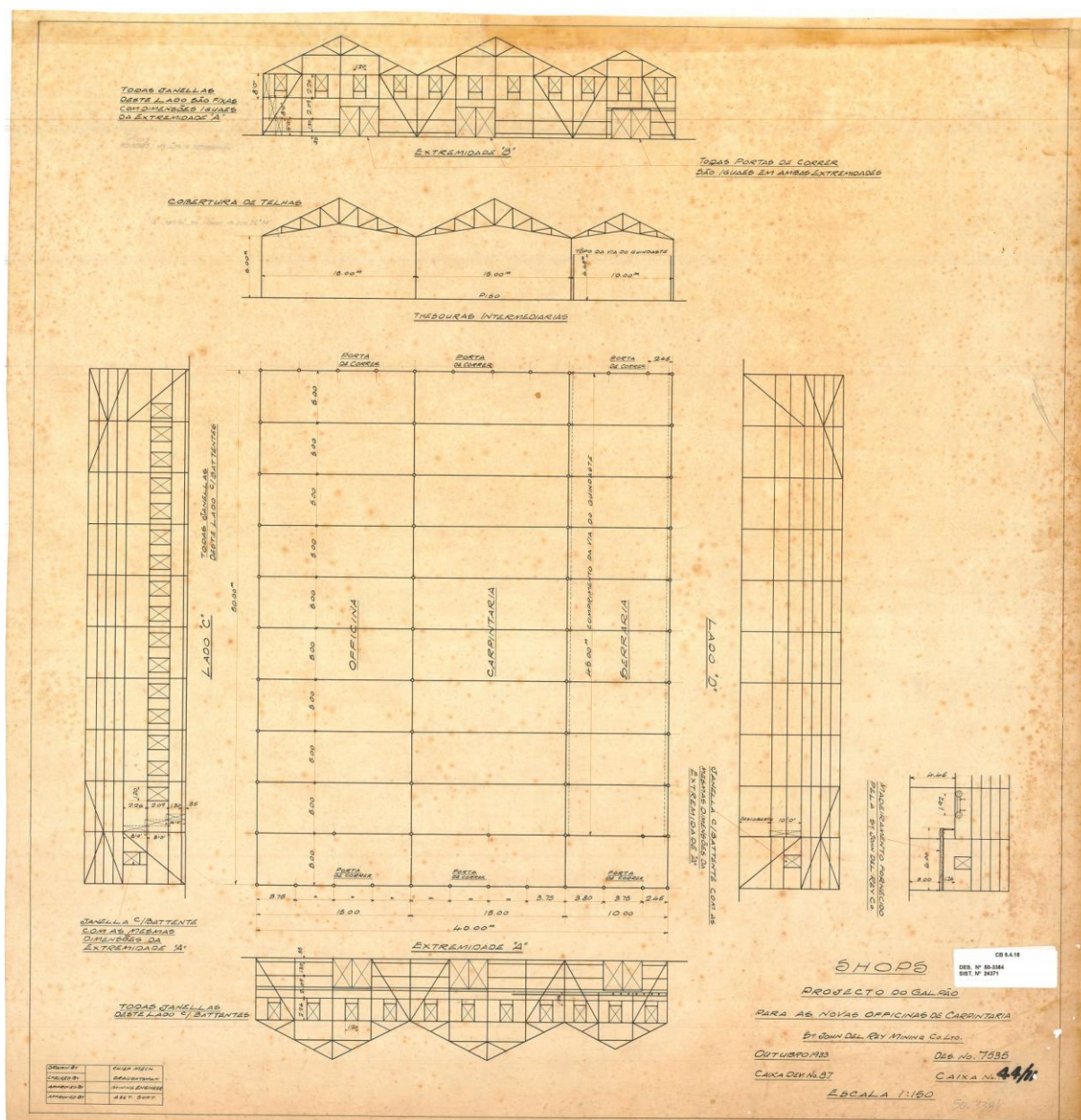
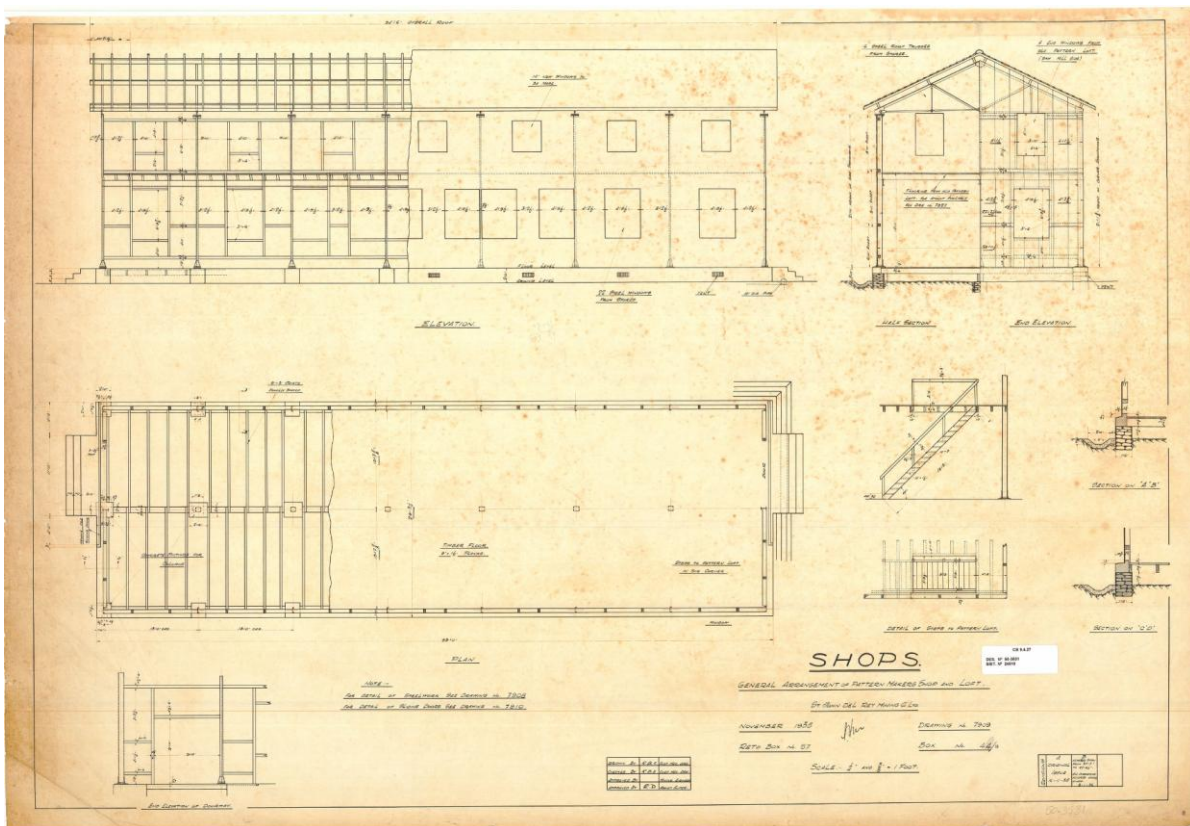


Figura 3. 16: Projeto original do Prédio da Carpintaria: SHOPS – Projecto do Galpão para as novas Oficinas de Carpintaria, outubro, 1933. St. John Del Rey Mining Co. Ltd, CB 9.4.18 N° 50-3384 SIST. 24371. Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.

O projeto da Casa de Molde apresenta sistema estrutural metálico, podendo ser notado o emprego de pilares e viga em perfis com seção em “I”, “U” e “caixão”, estes últimos formados pela associação de dois perfis “U”. As tesouras metálicas são formadas por perfis esbeltos, com fixação articulada, utilizando nas extremidades chapa de “gousset” para ligação.

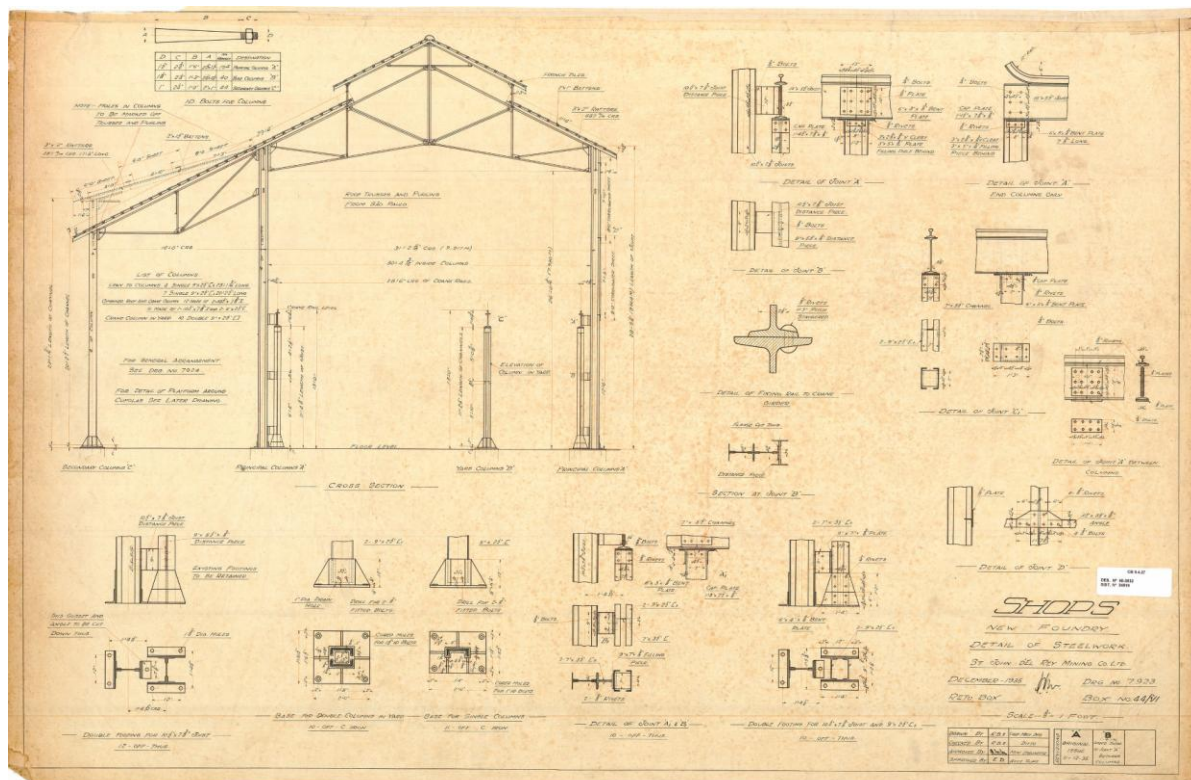
O telhado de duas águas, parece desenhado com terças e caibros em madeira, coberto com telhas cerâmicas. Interessante destacar a preocupação com a umidade do terreno, sendo o piso da edificação projetado de forma elevada, apresentando aberturas no embasamento para ventilação. Trata-se de uma proposta que emprega muitos elementos industrializados, inclusive os fechamentos que, apesar de não detalhados, foram desenhados como painéis, sendo as janelas especificadas como de metal. A edificação possui tipologia arquitetônica tipicamente industrial. A madeira foi empregada no tabuado de piso, barrotes, peças do telhado e como montantes para fixação dos painéis de fechamento.



**Figura 3. 17: Projeto original do Prédio da Casa de Moldes: SHOPS – General Arrangement of Pattern Makers Shop and Loft, November, 1935. St. John Del Rey Mining Co. Ltd, CB 9.4.27 N° 50-3531 SIST. 24518. Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.**

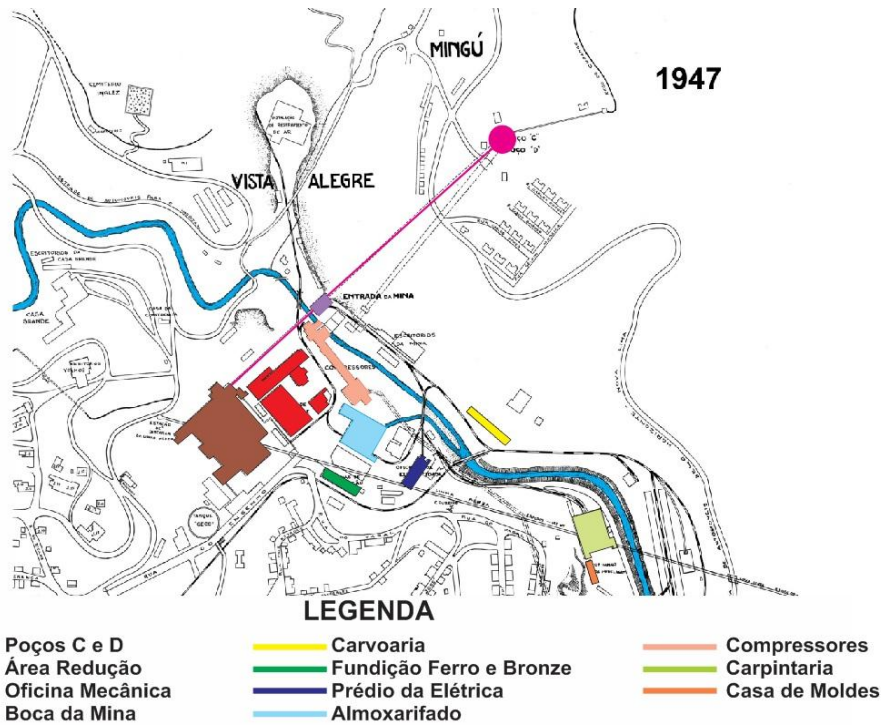
O projeto da Fundação Ferro e Bronze se apresenta como um grande galpão de sistema estrutural metálico, podendo ser notado o emprego de pilares em perfis com seção em “I”, formados pela composição de chapas e cantoneiras. Internamente foram propostos pilares mais baixos, em perfis tipo “caixão”, provavelmente para suporte de ponte rolante. A estrutura da cobertura é composta por tesouras metálicas treliçadas, formadas por perfis esbeltos (supostamente cantoneiras), com fixação articulada, utilizando nas extremidades

chapa de “gousset” para ligação. A construção apresenta um vão principal de pé direito mais alto e um puxado lateral. O telhado do corpo principal possui duas águas e detalhe central em lanternin, que favorece a iluminação e ventilação das áreas de trabalho, sendo coberto com telha cerâmica. O projeto apresenta detalhamento estrutural de bases e encontro dos perfis, com indicação de fixação por parafusos.



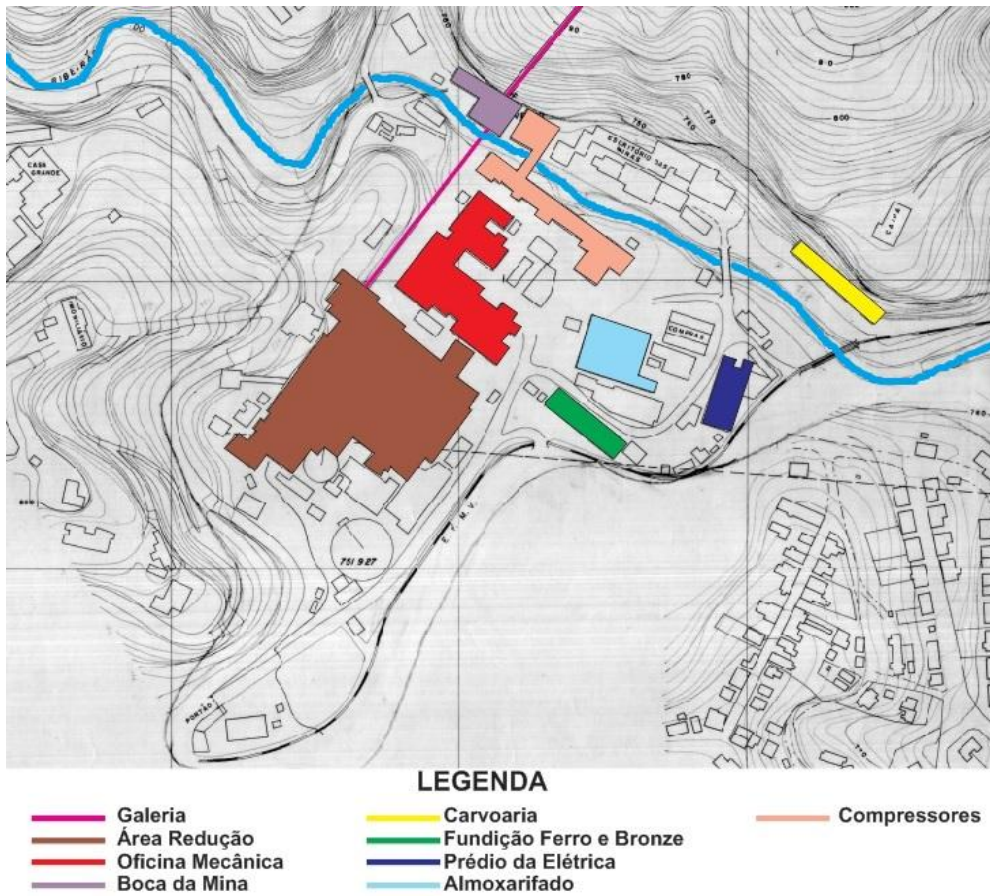
**Figura 3. 18: Projeto original do Prédio da Fundação de Ferro e Bronze: SHOPS – New Foundry Detail of Steelwork, December – 1936. St. John Del Rey Mining Co. Ltd, CB 9.4.27 N° 50-3533 SIST. 24519. Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.**

Os mapas apresentados nas figuras 3.19 a 3.22, datados de 1947, 1971, 1973 e 1982, respectivamente, esclarecem os períodos de construção das demais edificações que compõem o conjunto da área industrial da Morro Velho (SILVA, 2007). A Carvoaria, uma construção encravada na rocha, com estrutura de madeira e vedação de tijolinho, não aparece na planta de 1927, mas já aparece desenhada na implantação de 1947, o que presume que foi construída na década de 1930. Já as edificações da FerroX aparecem no mapa de 1982, mas não constam da planta de 1973, sendo provavelmente do final da década de 1970.



**Figura 3. 19: Planta Metalúrgica de Nova Lima – 1947.**

Fonte: Elaborado com base em mapa do Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.



**Figura 3. 20: Planta Metalúrgica de Nova Lima – 1971.**

Fonte: Elaborado com base em mapa do Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.



Figura 3. 21: Planta Metalúrgica de Nova Lima – 1973.

Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.

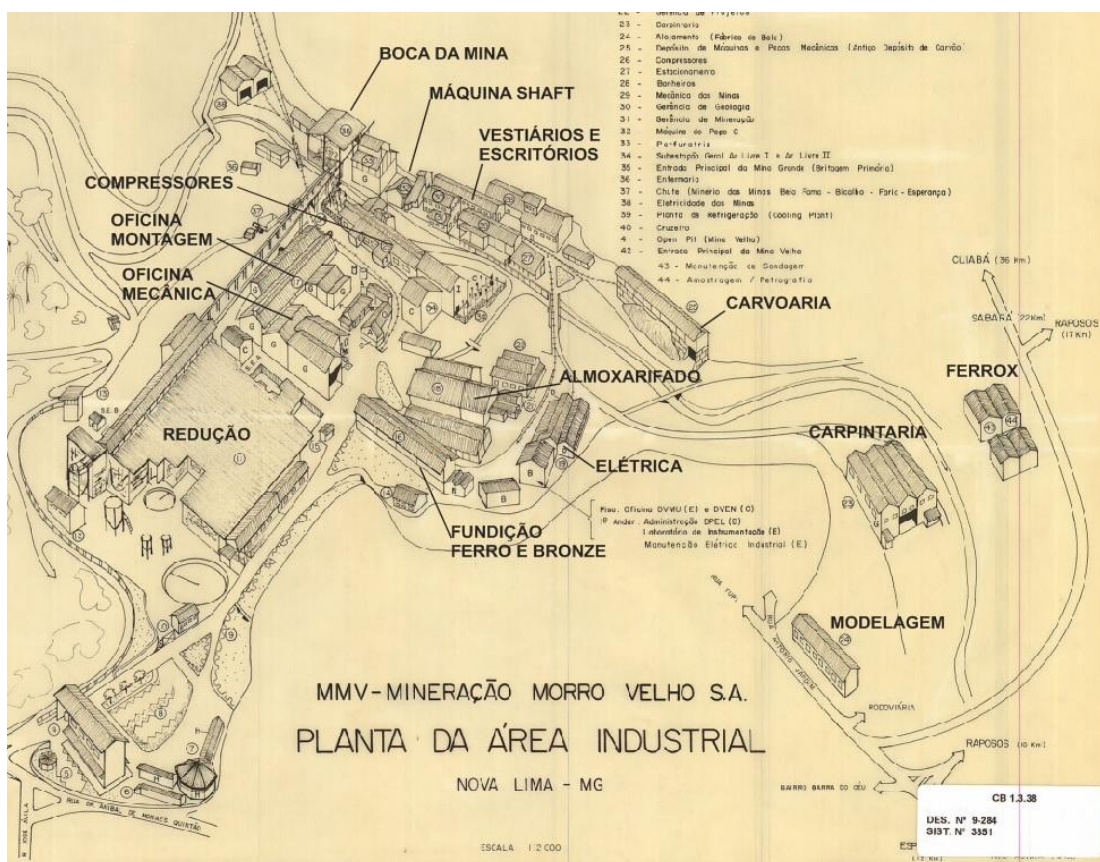
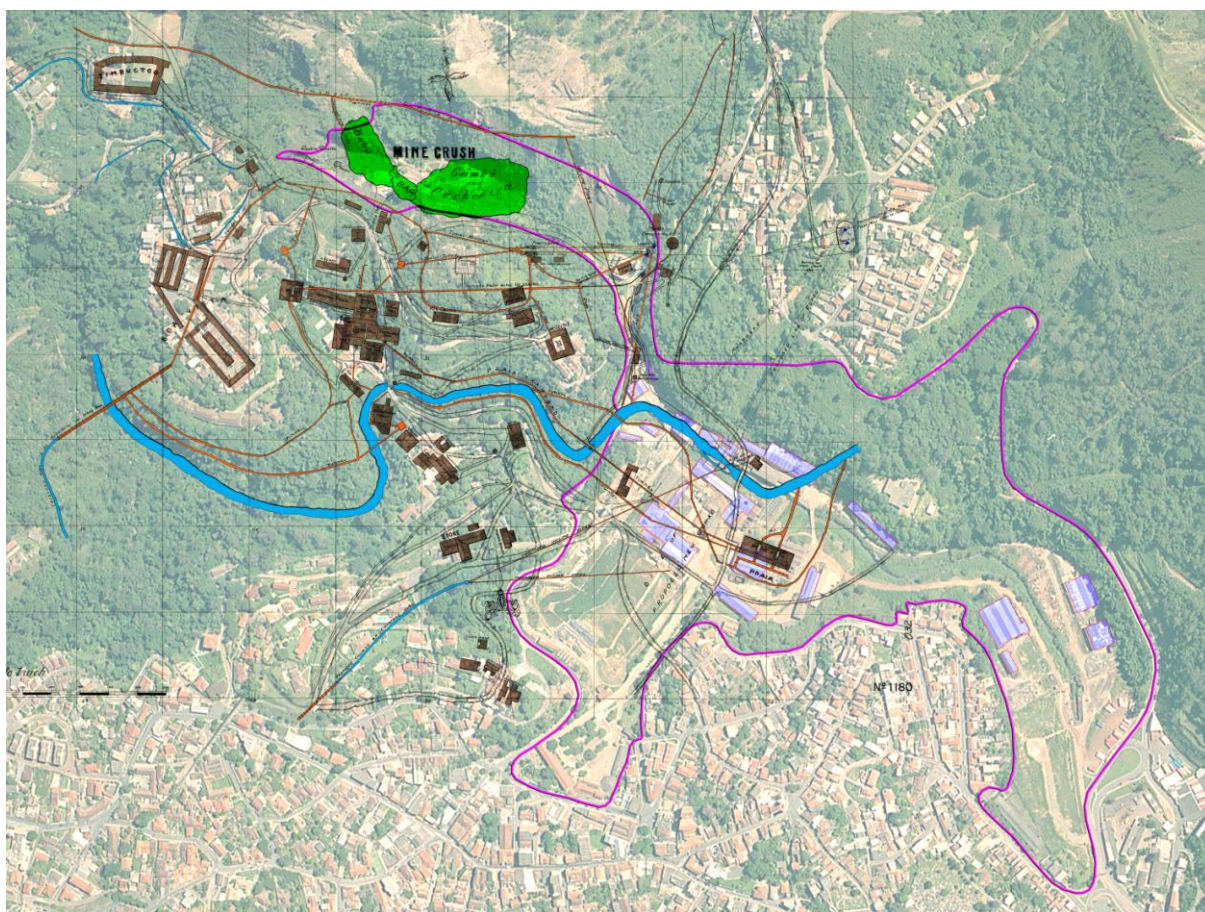


Figura 3. 22: Planta da Área Industrial em outubro, 1982.

Fonte: Elaborado com base em mapa do Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.

Compartilhando a citação feita por Silva (2007) “a nova Área Industrial, projetada e construída por George Chalmers, é um misto de eficiência, beleza e tecnologia, marcando claramente a passagem entre o passado das aprendizagens empíricas e o presente das inovações tecnológicas e da arquitetura bela e artística, mesmo em se tratando de construções industriais”. Cabe destacar que as construções projetadas pelo superintendente Chalmers constam do mapa de 1927. Com o passar dos anos a área industrial foi recebendo novas edificações, como já descrito: a Casa de Moldes, a Fundição Ferro e Bronze, a Carpintaria, a Carvoaria e mais tarde a Ferrox.

No mapa da figura 3.23 ficam claras as modificações ocorridas na morfologia das instalações da Mina de Morro Velho. O Ribeirão do Cardoso está indicado em azul; em marrom as antigas instalações antes do desastre em 1886 e em azul claro as instalações realizadas durante projeto da nova planta industrial inaugurada em 1895, período da reabertura da Mina Grande. O contorno em rosa marca a nova área industrial inaugurada na transição do século XIX para o XX.

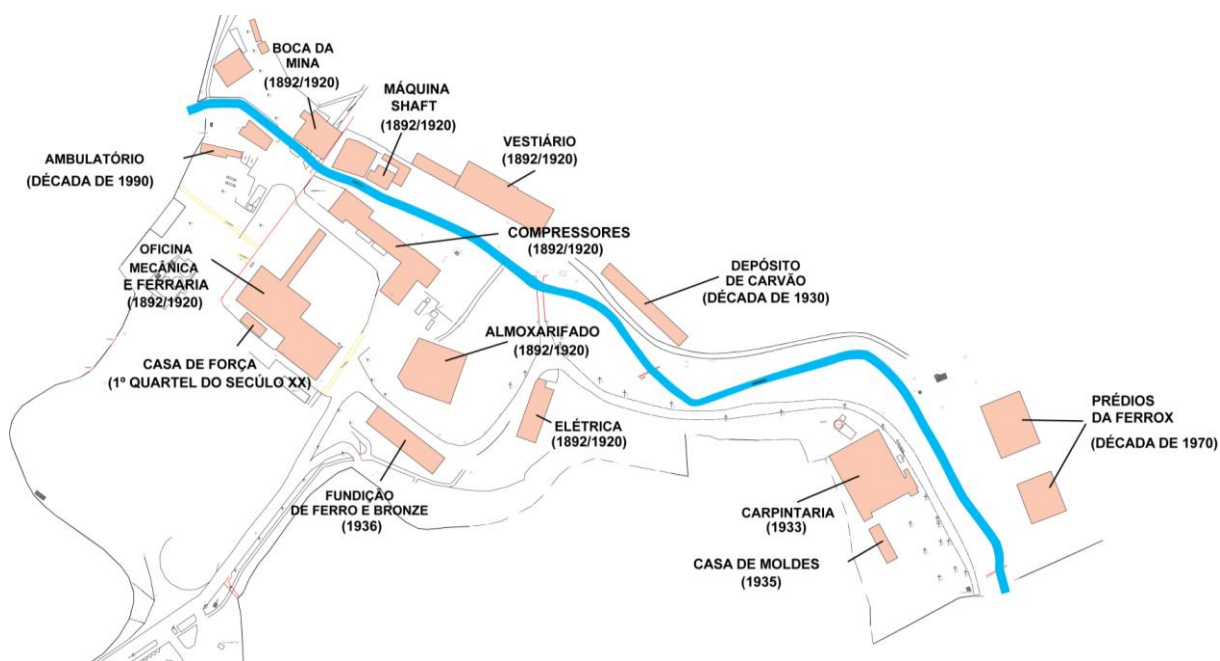


**Figura 3. 23: Área de Redução do minério (1886) inserida atualmente na malha urbana de Nova Lima.**  
Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.



Em 1998, após anos de funcionamento e beneficiamento de minério para refino de ouro e prata, decidiu-se pelo encerramento das atividades, tendo em vista o baixo retorno financeiro, as questões ambientais e o alto risco das atividades de exploração. O encerramento de qualquer atividade de mineração é inevitável. A área passou então pelo já comentado Processo Clean-up, figura 3.24, e posterior reabilitação da área através de serviços de terraplenagem, drenagem da área degradada e plantio de grama. Também foram realizados trabalhos para licenciamento ambiental junto à FEAM, além do desenvolvimento de projeto de resgate da memória da Planta Metalúrgica. Todo o processo foi encerrado em 2000, sendo mantido monitoramento para evitar alagamentos da mina e desestabilização (SILVA, 2007).

“A área total da Planta Metalúrgica foi estimada em 38.000 m<sup>2</sup>, dos quais 25.000 m<sup>2</sup> foram considerados para a operação de demolição e escavação. A área total da Mineração de Morro Velho é de 219.000 m<sup>2</sup> e sobre este terreno encontra-se uma área construída de 46.742 m<sup>2</sup> distribuída em prédios com 11.740 m<sup>2</sup>, galpões com 16.109 m<sup>2</sup> e terreiro com área de 18.892 m<sup>2</sup>” (Relatórios do Projeto Clean-up da Planta Metalúrgica de Nova Lima, 1998 a 2000 apud SILVA, 2007).



**Figura 3. 24:** Prédios preservados na Área Industrial/AngloGold Ashant, após o Clean-up de 1999. Data: 2006.  
**Fonte:** Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.

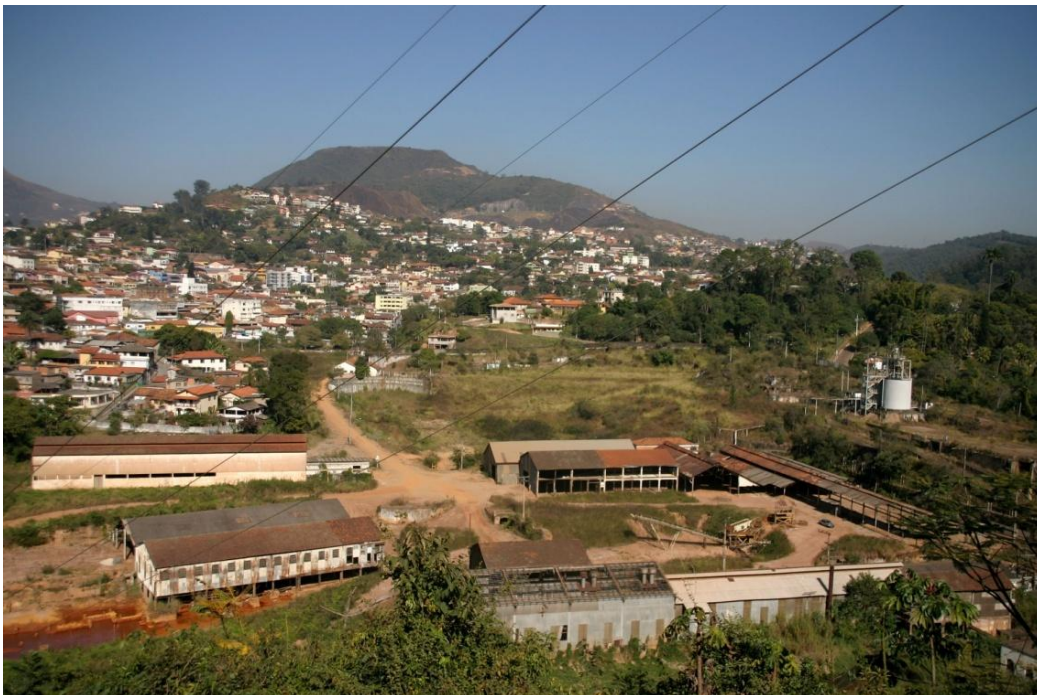
A fotografia apresentada na figura 3.25 foi feita durante a realização do Projeto Clean-up nos galpões destinados à redução do minério.



**Figura 3. 25: Execução do Projeto Clean-up na área de Redução por volta de 2000.**

**Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.**

Já na figura 3.26 é apresentada a fotografia da área após o Projeto Clean-up, podendo-se visualizar as edificações preservadas. Em segundo plano a Fundação Ferro e Bronze e a Oficina Mecânica e em primeiro plano o almoxarifado e os Compressores.



**Figura 3. 26: Área após o Projeto Clean-up por volta de 2006.**

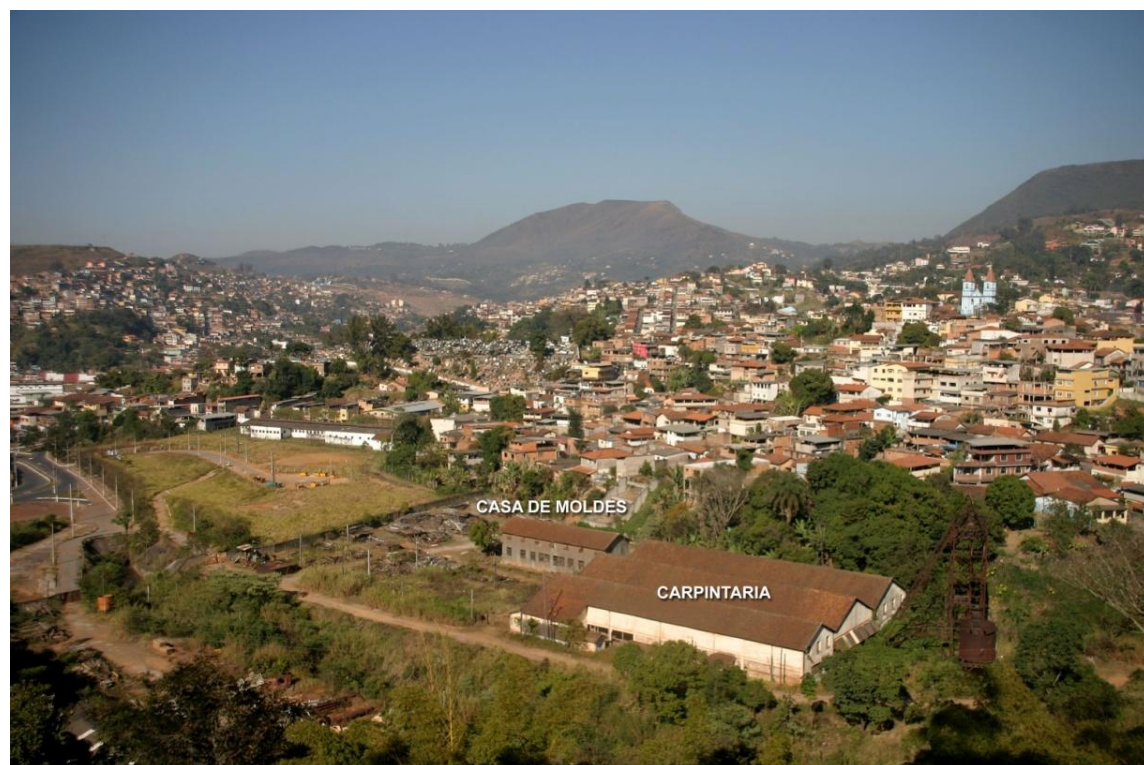
**Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.**

Na sequência, figuras 3.27 e 3.28, fotos das edificações ainda hoje preservadas.



**Figura 3. 27: Foto panorâmica da área industrial por volta de 2005.**

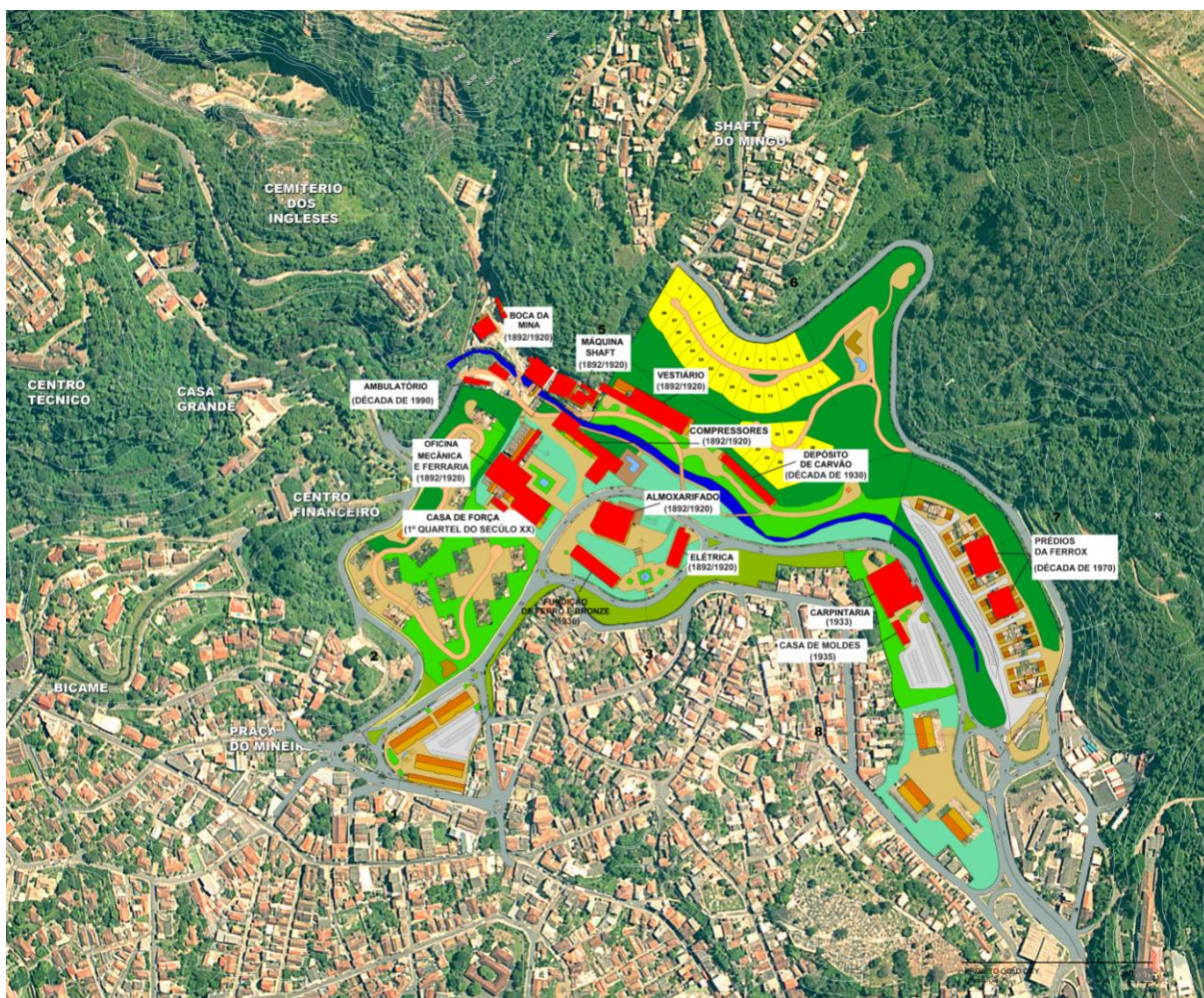
**Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.**



**Figura 3. 28: Foto panorâmica da área industrial por volta de 2005.**

**Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.**

A AngloGold Ashanti, uma das maiores empresas de mineração de ouro do mundo, cuja matriz se encontra na África do Sul, controla todas as instalações da Mina de Morro Velho e pretende requalificar a área, com um projeto que recebeu o nome de “Gold City”, figura 3.29, com o propósito de implantar usos diversos na antiga área, através de propostas de ocupação das edificações históricas, patrimônio material da empresa. O estudo de pré-viabilidade do empreendimento foi realizado pela C. B. Richard Ellis, por iniciativa da própria AngloGold que pretende doar os imóveis para empreendimentos nas seguintes áreas: residencial, comercial, negócios, indústrias leves e entretenimento, que inclui visitas à Mina Velha. Para ocupação dos imóveis da Casa Grande, Hospital e Pensão Retiro propõe-se a implantação de um Centro de Joalheiros com um grupo de 26 companhias. Caso este empreendimento não se concretize, os direitos da área serão repassados à Nova Lima. (Dados constantes do Relatório Gold City/AngloGold Ashanti, Nova Lima, 2007 apud SILVA, 2007).



**Figura 3. 29: Projeto Gold City/AngloGold Ashanti. Data provável: 2006.**

**Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.**

### **3.2 – Pesquisa de Campo - Galpões Mina de Morro Velho em Nova Lima**

A nova planta industrial que começa a ser construída no final do século XIX, após o acidente de 1886, substitui as antigas instalações por novas estruturas, que se enquadram dentro do contexto e recorte temporal desta pesquisa. A partir dos registros históricos coletados é possível observar que muitos dos galpões instalados já foram demolidos. Dentre os galpões preservados, destaca-se a diversidade dos sistemas estruturais, que se apresentam em diversas fases no emprego de materiais, podendo ser encontrado desde o uso tradicional da madeira, passando por uma significativa amostragem das diversas formas em que o metal foi empregado enquanto sistema construtivo, e também a utilização do concreto armado, a partir da década de 40.

A seleção das edificações apresentadas leva em consideração a presença da estrutura metálica, enquanto sistema construtivo, e as diversas formas do emprego deste material, que proporcionou o surgimento de uma nova tipologia arquitetônica industrial, marcando uma fase construtiva caracterizada pelo emprego de materiais importados e industrializados, que se traduz em eficiência e inovação tecnológica, revelada através de suas formas.

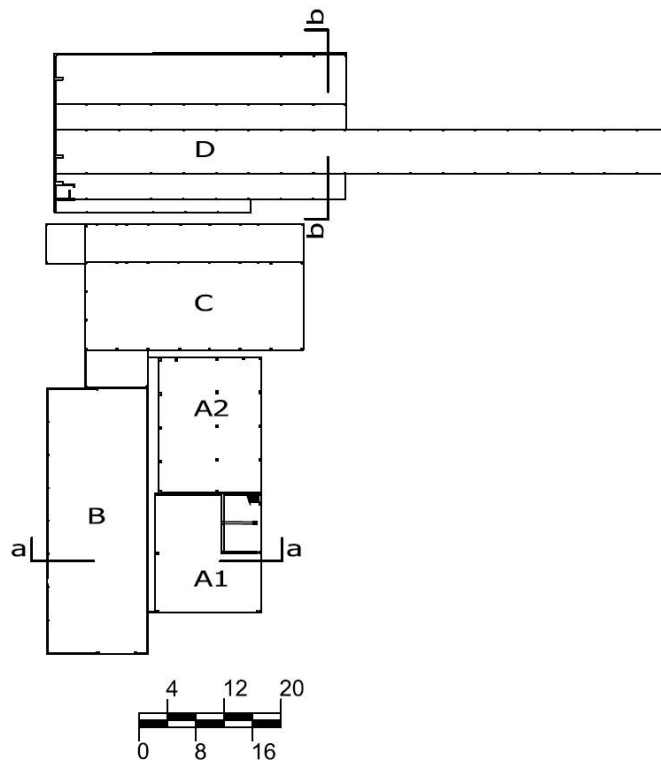
Os galpões escolhidos por amostragem serão apresentados de forma independente e mais detalhados. Como já passaram por diversas modificações, as análises serão auxiliadas pela iconografia e dados históricos apresentados, que esclarecem alguns pontos obscuros em visita de campo. Estas edificações são descritas segundo sua tipologia construtiva e estado de conservação: Oficina Mecânica e Ferraria, Fundição Ferro e Bronze, Boca da Mina, Almoxarifado, Elétrica e Modelagem.

As demais construções, não menos significativas e importantes, como os prédios dos Compressores, a Casa de Força, a Máquina do Shaft, os Vestiários e Escritórios da Mina, a Carvoaria, a Carpintaria e as edificações da Ferrovia, não foram contempladas neste trabalho, seja porque não emprega o metal como sistema construtivo, ou porque, a sua tipologia, já se encontra representada nos objetos escolhidos para amostragem.

#### **3.2.1 – Galpão Oficina Mecânica e Ferraria**

A Oficina Mecânica e Ferraria é composta por um conjunto de galpões construídos em momentos diversos e que passaram por inúmeras mudanças e ampliações, notadas em levantamento de campo e confirmadas em pesquisa histórico-documental. O partido se

desenvolve em uma composição de retângulos e a partir da análise do sistema construtivo é possível verificar que decorreram de diversas fases de construção. Os galpões foram identificados por letra e número em planta de levantamento, figura 3.30.



**Figura 3. 30: Planta da Oficina Mecânica e Ferraria - Mina de Morro Velho/Nova Lima**  
**Fonte: Adaptado do levantamento fornecido pela AngloGold (2006)**

### 3.2.1.1 – Descrição da tipologia construtiva

O galpão A1, à direita, apresenta a porção frontal em estrutura metálica, composto por dois módulos construídos com pilares e tesouras que se destacam pela forma e composição de seus perfis fixados por rebites, figuras 3.31 e 3.32.



**Figura 3. 31: Fachada frontal – Oficina Mecânica e Ferraria.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 3. 32: Vista interna do galpão A1 – Oficina Mecânica e Ferraria.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

O sistema construtivo indica que essa estrutura metálica é das mais antigas no conjunto e foi supostamente edificada nos primeiros anos das instalações da nova planta industrial. Aparentemente construída em ferro, material que antecedeu ao aço, cujos perfis compostos são formados pela união de chapas e cantoneiras com rebites, como pode ser verificado nas figuras 3.33 a 3.38.



**Figura 3. 33: Estrutura da cobertura galpão A1 – Oficina Mecânica e Ferraria.**

**Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)**

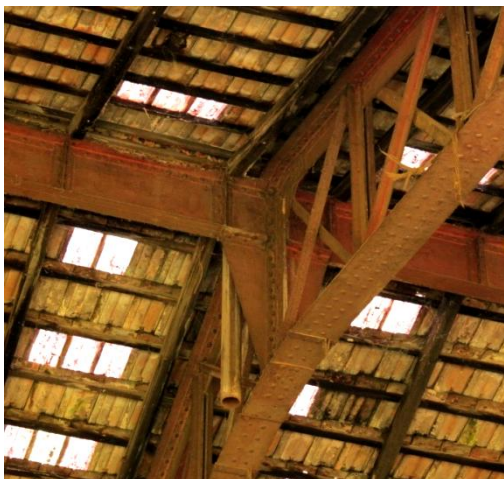


**Figura 3. 34: Pilar galpão A1 – Oficina Mecânica e Ferraria.**

**Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)**

A estrutura funciona como um pórtico rígido, pois as ligações entre os elementos estruturais são consideradas engastadas, não permitindo nenhuma liberdade, figura 3.36. Para montagem destas estruturas as peças principais como tesouras, vigas e pilares chegavam montadas ao local, sendo o rebite o conector mais utilizado neste período. Esses elementos eram então fixados no local através de cantoneiras, em geral por parafusos. O procedimento de montagem foi assim realizado, sendo possível observar que as tesouras são apoiadas em console do pilar e fixadas com parafusos.

As vigas que funcionam como terça e cumeeira recebem em sua extremidade chapa com junção em rebites, supostamente para aumentar a área de contato para fixação da mesma, através de cantoneiras, em montante da tesoura, como pode ser verificado nas figuras 3.35 e 3.36.



**Figura 3. 35: Detalhe cumeeira galpão A1 – Oficina Mecânica e Ferraria.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)



**Figura 3. 36: Detalhe ligação pilar e viga galpão A1 – Oficina Mecânica e Ferraria.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)

Os pilares (figuras 3.37 e 3.38) são formados por uma chapa em sua alma e duas outras como mesas, sendo a junção das peças feita por cantoneiras e rebites. A tesoura por sua vez é formada por chapas em seu banzo inferior e superior unidas por cantoneiras treliçadas e fixadas com rebites. Os perfis se tornam robustos pela composição dos elementos, entretanto as peças não são muito espessas, sendo utilizadas cantoneiras intermediárias como enrijecedores, fixadas por rebites na alma dos perfis compostos, como pode ser notado nos pilares (figura 3.37) e nas vigas (figura 3.35). A cantoneira da figura 3.38, pelo aspecto da peça e do parafuso, parece ter sido fixada em intervenção posterior.

A junção das peças com rebites torna o desenho mais elaborado e de singular apuro formal.



**Figura 3. 37: Detalhe pilar em perfis compostos - galpão A1 – Oficina Mecânica e Ferraria.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)



**Figura 3. 38: Detalhe pilar em perfis compostos - galpão A1 – Oficina Mecânica e Ferraria.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)



Na continuidade do antigo galpão foi construído o galpão A2 em estrutura de concreto armado e cobertura metálica. As figuras 3.39 e 3.40 retratam o encontro dos galpões, sendo as novas vigas treliçadas fixadas na antiga tesoura.



**Figura 3. 39:** Detalhe ligação entre os trechos do galpão A1 e A2 – Oficina Mecânica e Ferraria.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)



**Figura 3. 40:** Detalhe ligação entre os trechos do galpão A1 e A2 – Oficina Mecânica e Ferraria.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)

A cobertura em telha francesa, originalmente de Marselha, são apoiadas em caibros e ripas de madeira em todo o galpão.

O fechamento lateral, quando existente, é feito por “chapa corrugada”, tipo telha ondulada, supostamente de zinco, fixada geralmente em grandes peças de madeira, apoiadas em suportes metálicos presos nas estruturas por parafusos, figura 3.41. Internamente, uma estrutura de madeira e barroamento de piso configuram um pequeno segundo pavimento, figura 3.42.



**Figura 3. 41:** Fechamento frontal em telha corrugada - galpão A1 – Oficina Mecânica e Ferraria.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 42:** Estrutura em madeira - galpão A1 – Oficina Mecânica e Ferraria.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)

A figura 3.43 retrata o galpão A2 em concreto armado, construído no prolongamento do antigo galpão A1. As tesouras (figura 3.45) são executadas com cantoneiras duplas, interligadas por placas “gousset” por rebite e as vigas (terças) treliçadas são parafusadas em seus montantes verticais (figura 3.46). As tesouras são fixadas de forma engastada, em chapas sobre os pilares de concreto (figura 3.44), inclusive nos centrais através do prolongamento de duas diagonais (figura 3.45).



**Figura 3. 43: Vista interna - galpão A2 – Oficina Mecânica e Ferraria.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)



**Figura 3. 44: Ligação estrutura no pilar - galpão A2 – Oficina Mecânica e Ferraria.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)



**Figura 3. 45: Ligação tesoura - galpão A2 – Oficina Mecânica e Ferraria.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)



**Figura 3. 46: Ligação terça em montante - galpão A2 – Oficina Mecânica e Ferraria.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)

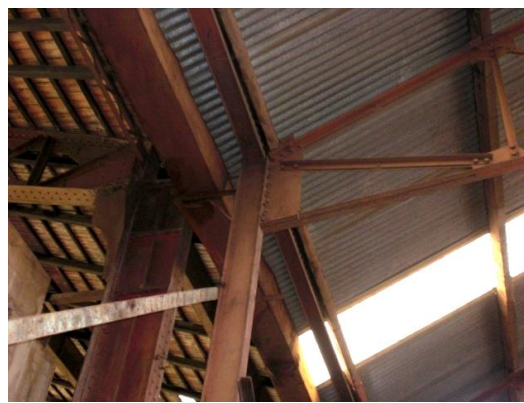
O galpão B, figura 3.47, instalado na lateral esquerda foi construído em estrutura metálica. Os pilares possuem estruturas esbeltas e foram executados em perfil “I” laminado, recebendo contraventamento em sua lateral direita, figura 3.50. As tesouras planas são contraventadas entre si e são formadas por banzo inferior e superior com cantoneiras duplas interligadas com os montantes e diagonais através de chapas “gousset” parafusadas, figura 3.49.

A ligação com os pilares, figura 3.48, assim como no galpão A1, é feita de forma engastada, não permitindo nenhuma liberdade, o que gera além dos esforços normais e cortantes, também momento fletor.

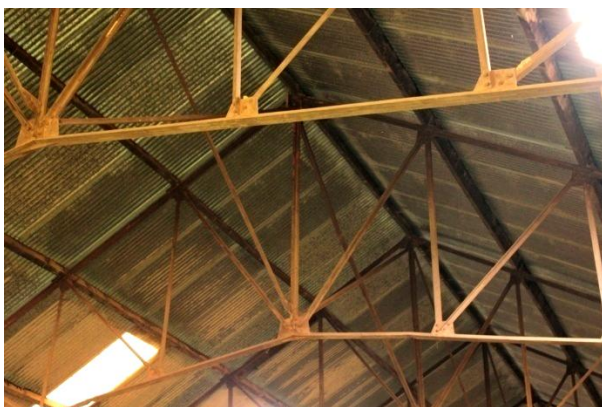
No encontro dos galpões, figura 3.48, foi instalada uma calha para coleta de água. No galpão B, a cobertura presumivelmente em telha de zinco ondulada está apoiada em terças também metálicas. A lateral esquerda apresenta fechamento em alvenaria até meia altura e vedação superior também em “chapa corrugada” (telha ondulada), fixada na estrutura.



**Figura 3. 47: Vista interna - galpão B – Oficina Mecânica e Ferraria.**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 48: Encontro galpão A e B – Oficina Mecânica e Ferraria.**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)



**Figura 3. 49: Tesouras planas galpão B – Oficina Mecânica e Ferraria.**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 50: Contravento pilares galpão B – Oficina Mecânica e Ferraria.**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

Na parte posterior dos galpões A e B foi erguida uma estrutura diferenciada com pilares de madeira e tesouras metálicas cobertas por telhas onduladas, supostamente de zinco, figuras 3.51 e 3.52. O galpão C se destaca no conjunto por apresentar colunas em madeira com base trabalhada. O pilar de madeira se alarga na base e recebe cordão de arremate (figuras 3.53 e 3.54). A estrutura de madeira é formada por pilares e vigas, que funcionam como terças ou frechais.



**Figura 3. 51: Vista galpão C – Oficina Mecânica e Ferraria.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 52: Vista interna galpão C – Oficina Mecânica e Ferraria.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)



**Figura 3. 53: Estrutura de madeira galpão C – Oficina Mecânica e Ferraria.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)



**Figura 3. 54: Detalhe base pilar em madeira galpão C – Oficina Mecânica e Ferraria.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)

A estrutura da cobertura concede leveza ao conjunto, através de tesouras planas treliçadas, tipo “Polonceau”, formadas por tirantes interligados por articulações com parafusos. O tradicional lanternin se insere no conjunto de forma harmônica e apresenta forma arqueada, associado à estrutura por montantes fixados no banzo superior (figura 3.56). A estrutura da cobertura é fixada sobre os pilares de madeira (figura 3.55), através de chapa superior, sendo utilizados parafusos como conectores, aparentemente como apoio articulado fixo, não conferindo momento fletor ao conjunto.



**Figura 3. 55:** Ligação tesoura e estrutura de madeira galpão C – Oficina Mecânica e Ferraria.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)



**Figura 3. 56:** Detalhe lanternin galpão C – Oficina Mecânica e Ferraria.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)

O galpão não apresenta fechamento lateral. Foram realizados acréscimos laterais, como mostra a figura 3.57, com tesoura tipo “viga vagão”, executada com tirantes articulados. A ligação com os pilares de madeira, figura 3.58, são realizadas por chapas, sendo as tesouras fixadas através de parafusos.



**Figura 3. 57:** Vista lateral galpão C – Oficina Mecânica e Ferraria.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)



**Figura 3. 58:** Ligação da tesoura e estrutura de madeira na lateral do galpão C da Oficina Mecânica e Ferraria.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (março/11)

Um longo galpão, identificado como D na planta de levantamento, figuras 3.59 e 3.60, foi instalado na parte posterior do conjunto da Oficina. De acordo com dados históricos foi construído juntamente com as primeiras instalações, na transição do século XIX e XX, e teria sido destinado a Oficina de Montagem.

A estrutura metálica (figuras 3.61 e 3.62) foi executada com pilares e vigas em perfis de seção "I" laminados, com aparência de trilhos de ferro. Os pilares possuem consoles intermediários, para apoio de outro perfil "I", destinados a uma estrutura tipo "ponte rolante". A cobertura é

marcada por um lanternin, figuras 3.63 e 3.64 , que se insere nas tesouras tipo “Polonceau”, formadas por tirantes interligados através de articulações com parafusos.



**Figura 3. 59: Vista externa do galpão D – Oficina de montagem.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 60: Vista interna do galpão D – Oficina de montagem.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 61: Ligação estrutural do galpão D – Oficina de montagem.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 62: Ligação estrutural do galpão D – Oficina de montagem.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

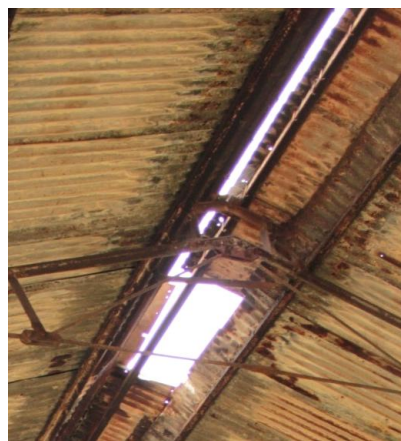
Todas as conexões foram realizadas com parafusos e a ligação viga pilar ocorre através de chapa parafusada sobre perfil, sendo as peças da tesoura fixadas na mesma por parafusos, comportando-se como um apoio articulado fixo, não transmitindo momento fletor.

A cobertura em telhas onduladas, aparentemente de zinco são fixadas em terças executadas com cantoneiras. Duas coberturas laterais compõem o conjunto, com estrutura em "viga vagão", fixadas nos pilares principais com chapa de topo parafusada (figura 3.61) e na extremidade através de chapa parafusada sobre o pilar, também se configurando como um apoio articulado (figura 3.65).



**Figura 3. 63: Estrutura da cobertura principal galpão D – Oficina de montagem.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 64: Detalhe lanternin galpão D – Oficina de montagem.**

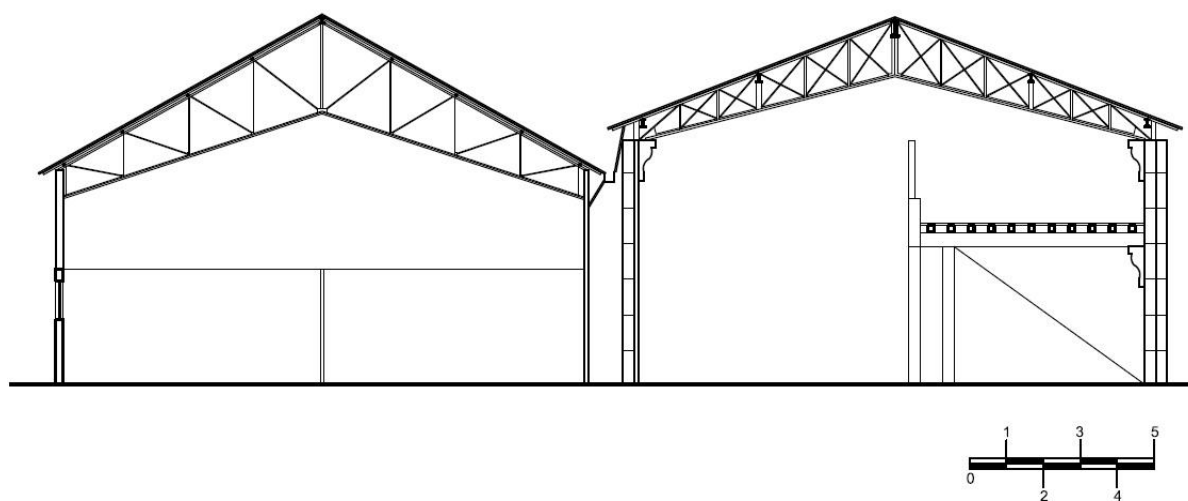
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 65: Ligação estrutural da cobertura lateral galpão D – Oficina de montagem.**

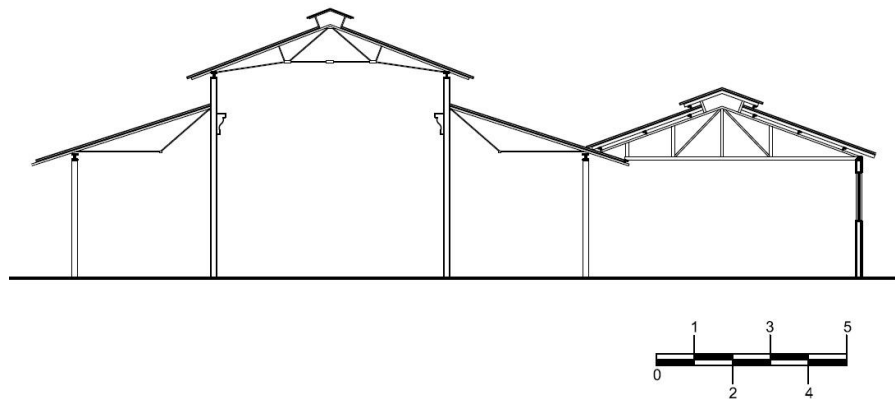
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

### 3.2.1.2 – Cortes do Levantamento Arquitetônico



**Figura 3. 66: Corte aa - Oficina Mecânica e Ferraria - Mina de Morro Velho/Nova Lima**

Fonte: Adaptado do levantamento fornecido pela AngloGold (2006)



**Figura 3. 67: Corte bb - Oficina Mecânica e Ferraria - Mina de Morro Velho/Nova Lima**  
**Fonte: Adaptado do levantamento fornecido pela AngloGold (2006)**

### 3.2.1.3 – Diagnóstico do Estado de Conservação

#### – Estabelecendo critérios

O estado de conservação dos galpões da Mina de Morro Velho apresenta-se de forma geral. Não se pretende detalhar e mapear todos os elementos estruturais, tendo em vista a extensão do trabalho, o considerável número de estruturas e o restrito acesso interno aos mesmos, por questões de segurança. Sendo assim, esse diagnóstico tem como propósito uma avaliação geral do estado de conservação dos elementos estruturais metálicos, tendo sido realizado registro por fotografia das principais patologias encontradas.

Cabe registrar, que em um projeto de restauração, seria necessário um mapeamento de danos mais detalhado. A partir dos dados coletados foi possível elencar as principais patologias encontradas, que direcionam ações futuras para possíveis proposições.

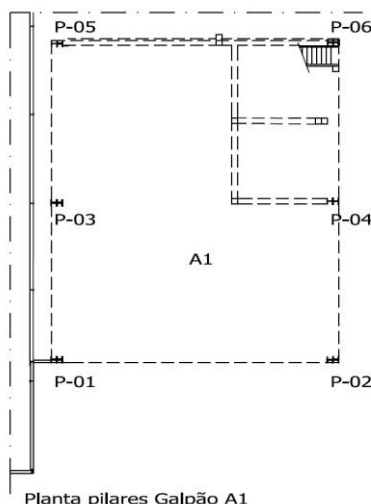
#### – Principais patologias encontradas

##### **Galpão A1 - Mecânica e Ferraria**

Conforme descrito anteriormente, a estrutura deste galpão consiste de uma composição de perfis, chapas e cantoneiras unidas por rebites. Em uma análise geral, é possível encontrar como principal patologia a corrosão, manifestada de diferentes formas.

Os pilares do galpão A1 foram localizados em planta, figura 3.68.





**Figura 3. 68: Planta localização pilares - Galpão A1 - Oficina Mecânica e Ferraria - Mina de Morro**  
**Fonte: Adaptado do levantamento fornecido pela AngloGold (2006)**

De uma forma geral, a corrosão encontra-se manifestada de modo uniforme, ou seja, em toda extensão da superfície das estruturas internas, mais protegidas, figura 3.69 a 3.72. Já os pilares voltados para as fachadas frontal e lateral, embora tenham recebido uma camada de tinta como meio de proteção, encontram-se expostos ao tempo e apresentam processo de corrosão mais avançado, em função do descolamento da pintura em alguns locais, maior exposição a intempéries e contato com o solo mais úmido.

Outro fator importante que deve ser considerado é o sistema construtivo dessas estruturas, que possibilita o acúmulo de umidade e agentes corrosivos nos cantos e nas frestas de junção de seus elementos, fator condicionante para desencadear um processo de corrosão localizada, com perda de material. Além disso, por se tratar de perfis diferenciados e compostos, por vezes acontece da corrosão se generalizar na superfície de uma única peça, se comportando de forma diferenciada ao longo do pilar.

Em geral a corrosão observada pode ser considerada como atmosférica, em função do meio circundante, causada pela ausência de proteção, sendo praticamente inexistente qualquer película protetora, como resina e pintura, que quando existente, apresenta-se com descolamento generalizado. O acúmulo de água e sujidades contribui para o ataque dos agentes atmosféricos.

Por se tratar de ferro pudlado, material composto essencialmente de ferrita, macio, apresenta boa ductilidade e baixa resistência mecânica, pelo baixíssimo teor de carbono. A segregação do fósforo, elemento presente neste material, causa fragilização em alguns pontos. Devido as

características apresentadas, as peças são facilmente deformáveis, mediante impactos, sendo este problema identificado em alguns pilares dessa estrutura. O pilar 03, figura 3.69, apresenta deformação nas chapas que constituem as mesas, sendo já verificada fratura, com perda de material, no encontro com a cantoneira de ligação.



**Figura 3. 69: Pilar 03 do Galpão A1 da Oficina Mecânica apresenta fratura na chapa que compõe a mesa.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (março 2011)**



**Figura 3. 70: Corrosão uniforme no Pilar 03 – Galpão A1 Oficina Mecânica.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (março 2011)**



**Figura 3. 71: Corrosão uniforme – pilar 03 Galpão A1 Oficina Mecânica.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (março 2011)**



**Figura 3. 72: Corrosão uniforme em tesoura e pilar 03 – Galpão A1 Oficina Mecânica.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (março 2011)**

No pilar 02, figura 3.73, a corrosão se manifesta de forma uniforme na mesa do pilar, executada com chapa. A figura 3.74 retrata a base do pilar 04, onde se pode notar aspecto de corrosão generalizada, tendendo a se tornar uniforme em toda superfície. Nota-se inúmeros fatores para desencadeamento da corrosão: frestas, acúmulo de agentes agressores e contato com o solo e umidade.



**Figura 3. 73: Corrosão uniforme na mesa do Pilar 02 - Galpão A1 da Oficina Mecânica. Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

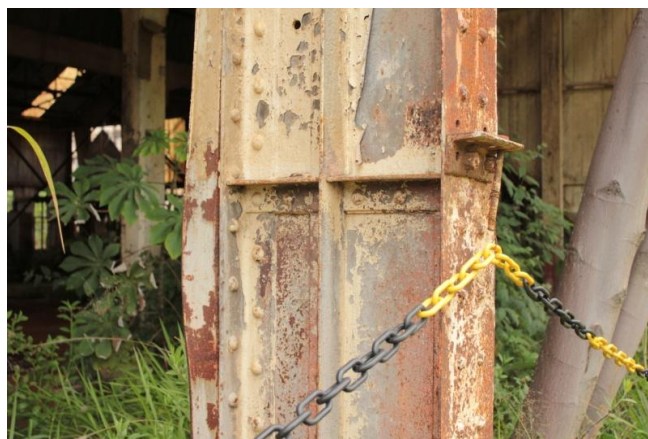


**Figura 3. 74: Base do Pilar 04 apresenta processo de corrosão – Galpão A1 da Oficina Mecânica. Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

A estrutura em madeira inserida no pilar 04, figura 3.75, proporciona acúmulo de umidade no encontro com a estrutura, sendo esta a causa da corrosão mais acentuada no local. A figura 3.76 mostra deformação na mesa do pilar, por se tratar de material macio, pouco resistente ao impacto. Também é possível notar intenso descolamento da pintura, expondo o material aos agentes agressores do tempo. A corrosão mais intensa na base começa a se generalizar em locais da superfície da peça.



**Figura 3. 75: Estrutura de madeira apoiada no Pilar 04 – Galpão A1 Oficina Mecânica. Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 3. 76: Deformação Pilar 04 – Galpão A1 Oficina Mecânica. Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

O acúmulo de sujidades favorece o processo de corrosão na base dos pilares, como observado nas figuras 3.74 e 3.77. O pilar 06 talvez seja o mais comprometido, como pode ser observado na figura 3.78, com processo de corrosão acentuado, desintegrando-se em lâminas<sup>16</sup> do material, desencadeando descolamento da película de tinta.

<sup>16</sup> Em processo de corrosão, o ferro tende a se desprender em lâminas. (KÜHL, 1998).



**Figura 3. 77: Pilar 04 – Galpão A1 Oficina Mecânica.**

**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 3. 78: Pilar 06 – Galpão A1 Oficina Mecânica.**

**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

Na figura 3.79 a cantoneira transversal apresenta perda de massa, por processo de corrosão mais avançado no local. A chapa que forma a mesa do pilar 06, figura 3.80, sofreu fratura, após deformação do material, que apresenta baixa resistência mecânica. A presença de fósforo supostamente é a causa da fragilidade em alguns pontos. A amostra que permitiu os exames de laboratório foi removida deste local.



**Figura 3. 79: Pilar 06 – Galpão A1 Oficina Mecânica.**

**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 3. 80: Base Pilar 06 – Galpão A1 Oficina Mecânica.**

**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

### **Galpão A2 - Mecânica e Ferraria**

O galpão A2 foi construído em estrutura de concreto armado, não sendo aqui detalhada, apresentando bom estado de conservação, assim como a estrutura metálica da cobertura.

### **Galpão B - Mecânica e Ferraria**

O processo de corrosão, apesar de existente, pode não ser considerado o principal problema deste galpão, tendo em vista as questões de estabilidade estrutural observadas. A corrosão em geral ocorre de forma generalizada, porém concentrada na base dos pilares, pela proximidade

com o solo, como pode ser visto nas figuras 3.81 e 3.82. O meio em que a estrutura encontra-se inserida é propício ao acúmulo de agentes corrosivos na sua base que, quando não protegida, está sujeita ao desencadeamento de corrosão atmosférica, neste caso associada às impurezas e umidade existente no solo.



**Figura 3. 81: Processo de corrosão na base do pilar – Galpão B Oficina Mecânica**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (março 2011)



**Figura 3. 82: Base do pilar em contato com o solo – Galpão B Oficina Mecânica**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (março 2011)

O galpão executado com perfis laminados e esbeltos apresenta ligações rígidas entre tesouras e pilares. Por questões de estabilidade estrutural, a cobertura e a lateral direita receberam contraventamentos. Entretanto, os travamentos entre pilares foram executados com perfis diversos, de forma improvisada, não havendo padronização nos elementos e nos meios de fixação, inclusive os últimos módulos receberam apenas uma travessa. As figuras 3.84 e 3.85 demonstram as diversas formas de fixação das cantoneiras de contraventamento.



**Figura 3. 83: Detalhe de fixação do contraventamento – Galpão B Oficina Mecânica**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (março 2011)



**Figura 3. 84: Contraventamento do Galpão B da Oficina Mecânica**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (março 2011)

O comportamento estrutural do conjunto já manifesta problemas de estabilidade, pois algumas peças já apresentam deformação significativa, inclusive com deslocamento de um pilar, como pode ser visto na figura 3.85. Tudo indica que a estrutura não foi capaz de resistir aos esforços normais e momento fletor.



**Figura 3. 85: Problemas de estabilidade estrutural – Galpão B Oficina Mecânica**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

### **Galpão C - Mecânica e Ferraria**

O galpão C surpreende pelo bom estado de conservação da estrutura de madeira, como pode ser observado nas figuras 3.53 e 3.54, apresentadas na descrição da tipologia construtiva. As peças metálicas que compõem as tesouras principais em treliça plana, assim como as tesouras tipo viga vagão dos corredores laterais, estão em bom estado geral de conservação, apresentando em algumas peças início de processo de corrosão atmosférica uniforme, como pode ser observado nas figuras 3.86 e 3.87.



**Figura 3. 86: Aspecto de corrosão na tesoura e telhas de cobertura - Galpão C Oficina Mecânica.**

**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 3. 87: Corrosão uniforme nas tesouras tipo vagão – Galpão C Oficina Mecânica.**

**Fonte: Arquivo Pessoal – (março 2011)**

### **Galpão D - Mecânica e Ferraria (Oficina de Montagem)**

A estrutura executada em perfis laminados de seção "I", tipo trilho, sofre processo de corrosão atmosférica generalizada, de forma uniforme em toda superfície, como pode ser observado nas figuras 3.88 e 3.89.



**Figura 3. 88: Processo de corrosão uniforme na estrutura do Galpão D da Oficina Mecânica e Ferraria**

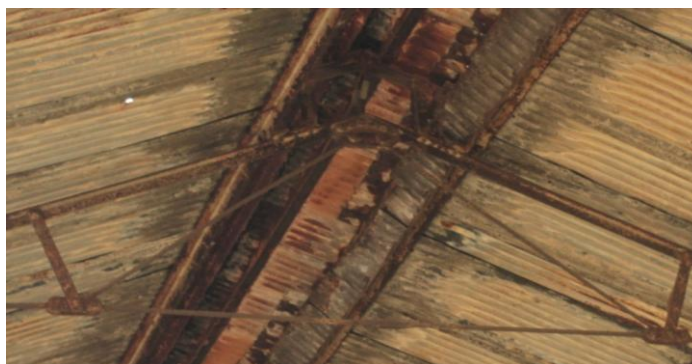
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 89: Corrosão uniforme na estrutura do Galpão D da Oficina Mecânica e Ferraria.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

As tesouras treliçadas, figura 3.90, da cobertura do galpão D da Oficina Mecânica e Ferraria também apresentam processo de corrosão atmosférica uniforme.



**Figura 3. 90: Corrosão uniforme na tesoura do Galpão D da Oficina Mecânica e Ferraria.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

### **3.2.1.4 – Identificação do metal**

#### **– Análise visual**

##### **➤ Galpão A1**

O pilar possui aparência mais antiga, sendo formado por uma composição de chapas e cantoneiras unidas por rebites. Conforme descrito por Kühn (1998), o desenvolvimento das técnicas para fixação empregando-se rebites permitiu a junção de peças em diversas configurações, permitindo que o ferro fundido fosse gradativamente substituído pelo ferro laminado, formado por perfis compostos. O material possui marcas do processo de conformação. Portanto, visualmente, parece se tratar do ferro pudlado, processo de fabricação anterior ao aço.

Outra característica importante constatada visualmente é a baixa dureza do material devido a facilidade com que se deforma, o que permitiu que a amostra fosse retirada em peça já comprometida e praticamente solta, sem nenhum esforço.

#### ➤ Galpão B

De acordo com os processos de fabricação e características do metal, os perfis laminados em seção "I" foram fabricados primeiramente em ferro laminado, que acabou sendo substituído pelo aço. Em bom estado de conservação, possuem aparência semelhante. Tudo indica que, pelo aspecto do perfil e época de construção, este galpão já tenha sido construído em aço, porém, não se descarta a necessidade de análise metalográfica e de composição química do material, para confirmação.

#### ➤ Galpão C

Visualmente não é possível identificar o material empregado na tesoura treliçada do galpão central e na viga vagão do corredor lateral. De acordo com a época de construção, podem ter sido executadas em perfis de ferro laminado que, segundo dados históricos, teria sido muito empregado em peças para tesoura a partir de 1840. Como na época da construção o aço já se encontrava disponível, tornam-se necessárias análises metalográfica e de composição química do material para confirmação.

#### ➤ Galpão D

Os perfis laminados em seção "I" não apresentam grandes dimensões e possuem aspecto similar às peças de trilhos. A partir do aspecto da estrutura e a forma como se manifesta a corrosão presume-se que o material empregado seja o ferro laminado. Segundo dados históricos, a partir de 1840 o ferro laminado passa a ser utilizado na produção de trilhos e peças para tesouras, o que confirma a hipótese. Entretanto, o aço se torna disponível a partir do final do século XIX. Assim, também nesse caso é recomendável a realização de análises metalográfica e de composição química do material.

#### – **Análise em laboratório**

Foram realizadas análises em laboratório apenas da estrutura do galpão A1, por impossibilidade de se coletar amostras nas demais estruturas, o que poderia comprometer as mesmas. A amostra foi coletada durante levantamento de campo, em peça comprometida e praticamente solta, em barra que se desprende de uma chapa que compõe a mesa do perfil de



um pilar. Não houve necessidade da utilização de nenhum instrumento, sendo a amostra retirada manualmente.

- Localização da **Amostra**

- Galpão A1

Local: Pilar da fachada lateral direita

Peça: Chapa mesa do perfil

Dimensão da amostra: 2,5 x 2,5cm

- Análise Química e Metalográfica

A composição química do metal foi obtida no Laboratório da VDL Siderúrgica, em Itabirito/MG, empregando-se “Espectrometria Óptica”. Conforme já descrito, o princípio da técnica está na queima da amostra por uma descarga elétrica (arco voltaico).

A Tabela 3.1 apresenta a composição química da Amostra. Para facilitar a análise, são colocados em destaque os valores de referência dos elementos significativos.

<b>Tabela 3. 1- Composição química (% em massa) da amostra coletada em estruturas do Galpão A1, Oficina Mecânica e Ferraria, na Mina de Morro Velho em Nova Lima.</b>															
Amostra	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	V	Cu	W	Ti	Co	Al	Mg	Fe
01	0,005	0,306	0,056	0,442	0,074	0,029	0,026	0,048	0,006	0	0,013	0,014	0,014	0,010	98,96

A Amostra retirada em estrutura do Galpão A1, Oficina Mecânica e Ferraria, apresenta composição marcada por baixíssimo teor de carbono e alto teor de fósforo, sendo este um elemento benéfico pois confere resistência mecânica e à corrosão, além de proporcionar melhor usinabilidade. Porém, a segregação do fósforo atribui fragilidade em alguns pontos da peça.

Para uma completa conclusão e identificação do metal foram realizados ensaios para revelar a estrutura cristalina (morfologia) do material.

A amostra foi preparada, conforme procedimentos já mencionados, corte, embutimento em resina, desbaste elétrico e manual empregando-se lixas com diferentes granulometrias, polimento com alumina e pasta de diamante, e ataque com Nital 2%.

As figuras 3.91 e 3.92 apresentam fotomicrografias da Amostra, cujo aumento da lente é indicada na legenda. O análise metalográfica revela presença de escórias esparsas em toda a seção, típica do ferro pudlado. As escórias possuem textura heterogênea e formas alongadas, o que indica que o material passou por um processo de conformação plástica, supostamente a laminação.



**Figura 3. 91: Fotomicrografia da Amostra - ferro pudlado; seção longitudinal; Nital 2%; 50x.**



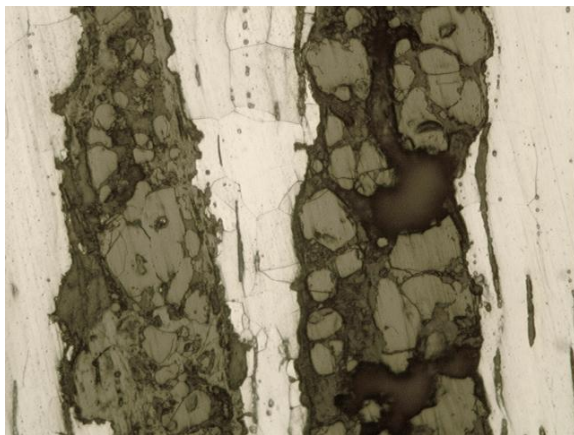
**Figura 3. 92: Fotomicrografia Amostra - ferro pudlado; seção longitudinal; Nital 2%; 250x.**

Com maior aumento, figuras 3.93 e 3.94, é possível verificar que o material é constituído por grãos de ferrita que possuem formatos poligonais e irregulares. O fósforo, indicado em grande teor na composição química realizada, supostamente apresenta-se diluído na ferrita, aumentando e endurecendo seus grãos. De acordo com o exposto na revisão bibliográfica, é comum a presença de fósforo em grandes quantidades no ferro pudlado.

Segundo Colpaert (2008), o ferro pudlado é caracterizado pelo baixo teor de carbono, até 0,2%, e por apresentar numerosas partículas de escória, devido ao processo de fabricação (pudlagem). As imagens apresentadas nas figuras 3.93 e 3.94 mostram a diversidade das fibras de escória, que apresentam morfologia heterogênea.



**Figura 3. 93: Fotomicrografia da Amostra - ferro pudlado; seção longitudinal; Nital 2%; 400x**



**Figura 3. 94: Fotomicrografia da Amostra - ferro pudlado; seção longitudinal; Nital 2%; 400x**

A figura 3.95 refere-se à imagem apresentada de uma seção transversal, da mesma amostra, onde se podem ver pontos e menores veios de escória, inseridos em grãos de ferrita.



**Figura 3. 95: Fotomicrografia da Amostra - ferro pudlado; seção transversal; Nital 2%; 400x**

### 3.2.2 – Galpão Fundição Ferro e Bronze

#### 3.2.2.1 – Descrição da tipologia construtiva

O galpão destinado à Fundição Ferro e Bronze foi construído segundo a tipologia arquitetônica industrial que se consolidou no Brasil a partir do século XIX. Os avanços tecnológicos permitiam construções de porte, com pé-direito alto e vencendo grandes vãos por meio da estrutura metálica. O lanternin presente na cobertura marca a volumetria da edificação e favorece uma melhor ventilação e iluminação. A planta se desenvolve de forma retangular, sendo composta por um volume principal e outro de menor dimensão em sua lateral direita.



**Figura 3. 96: Fachada lateral esquerda – Fundição Ferro e Bronze.**

Fonte: Arquivo Pessoal (março/11)



**Figura 3. 97: Fachada frontal – Fundição Ferro e Bronze.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

A arquitetura é marcada pelo emprego de materiais industrializados e importados, marcando uma época de avanço tecnológico. As fachadas recebem, em parte, vedação com "telha corrugada", fixada na estrutura metálica, que se apresenta como um esqueleto interno. A fachada frontal, figura 3.97, se abre totalmente para a via de acesso principal, possuindo apenas um frontão com vedação em telha corrugada.

A estrutura metálica para ponte rolante se estende além da fachada. Já a fachada lateral esquerda, figuras 3.96 e 3.98, foi fechada com alvenaria de tijolos em quase a metade da altura, apresentando um trecho aberto e outro fechado com cobogó feito de tijolos, no encontro da alvenaria com a telha. A fachada lateral direita foi praticamente fechada com alvenaria e possui dois volumes anexos, edificados em momentos distintos, fato visualmente reconhecido pela diferença de inclinação do telhado, estrutura e material da cobertura. Além disso, essa fachada também recebeu outros acréscimos que em nada se integram ao conjunto, e não serão aqui descritos.



**Figura 3. 98: Fachada lateral esquerda - Fundação Ferro e Bronze.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 99: Fachada Posterior - Fundação Ferro e Bronze.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

O volume anexo à fachada lateral direita, pode ser visto na fachada posterior, figura 3.99, possuindo elementos que indicam que foi construído em época posterior, sendo constituído de pilar de madeira, telhado metálico estruturado com viga vagão e cobertura em telha ondulada aparentemente de amianto. O outro volume lateral, localizado mais ao centro, se apresenta mais incorporado ao volume principal e supostamente foi construído na mesma época, apresentando mesma composição de perfis estruturais, prolongamento da inclinação do telhado por vigas "tipo vagão" e cobertura em telha francesa, conforme o telhado central.

O volume principal apresenta pilares metálicos, formados por perfis compostos e estrutura da cobertura em tesouras de treliças planas.



**Figura 3. 100: Treliça plana - Fundição Ferro e Bronze. Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 3. 101: Pilar e estrutura ponte rolante - Fundição Ferro e Bronze. Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

Os pilares, figuras 3.102 a 3.103, são formados por perfis metálicos, supostamente laminados, compostos por chapa central e quatro cantoneiras, conectados por rebites, formando uma seção de perfis compostos em "I".



**Figura 3. 102: Pilar esquerdo fachada posterior Fundição Ferro e Bronze. Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)**



**Figura 3. 103: Pilar direito fachada posterior Fundição Ferro e Bronze. Fonte: Arquivo Pessoal (15/06/12)**



**Figura 3. 104: Ligação pilar e tesoura principal e viga vagão Fundição Ferro e Bronze. Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 3. 105: Ligação pilar e tesoura em treliça plana - Fundição Ferro e Bronze. Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

Para suporte da ponte rolante foram instalados pilares internos formados pela composição de dois perfis laminados em seção "U", interligados por chapas conectadas por rebites, figura 3.101. Apenas os pilares (suporte da ponte rolante) de extremidade, localizados na fachada posterior possuem uma configuração similar aos pilares principais. A figura 3.106 mostra a ligação através de chapa parafusada, da estrutura principal e dos pilares para suporte da ponte rolante.



**Figura 3. 106: Ligação do pilar e estrutura ponte rolante - Fundição Ferro e Bronze.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

A tesoura em treliça plana, figura 3.107, é composta por cantoneiras conectadas por chapas tipo "gousset" fixadas por rebites e por vezes com parafusos e se apresentam contraventadas. Os elementos estruturais confeccionados em oficinas, como os pilares, algumas peças da tesoura e as vigas treliçadas apresentam rebites como conectores. A montagem da estrutura "in loco" foi realizada através de cantoneiras e parafusos, como pode ser observado nas figuras 3.105 e 3.108, em um apoio fixo engastado, transmitindo além dos esforços normais, também momento fletor.

A foto apresentada na figura 3.107 mostra que a estrutura do volume principal apresenta cinco vigas treliçadas, sendo uma instalada no ponto da cumeeira, duas interligando os pilares e duas intermediárias para estrutura e abertura do lanternin. O detalhe de ligação da tesoura, pilar e viga, figura 3.108, mostram as conexões parafusadas e esclarecem que a viga é composta por cantoneiras nos banzos superior e inferior e treliçada por barras chatas fixadas por chapas.



Figura 3. 107: Tesoura em treliça plana - Fundição Ferro e Bronze. Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



Figura 3. 108: Ligação viga, pilar e tesoura - Fundição Ferro e Bronze. Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

### 3.2.2.2 – Levantamento Arquitetônico

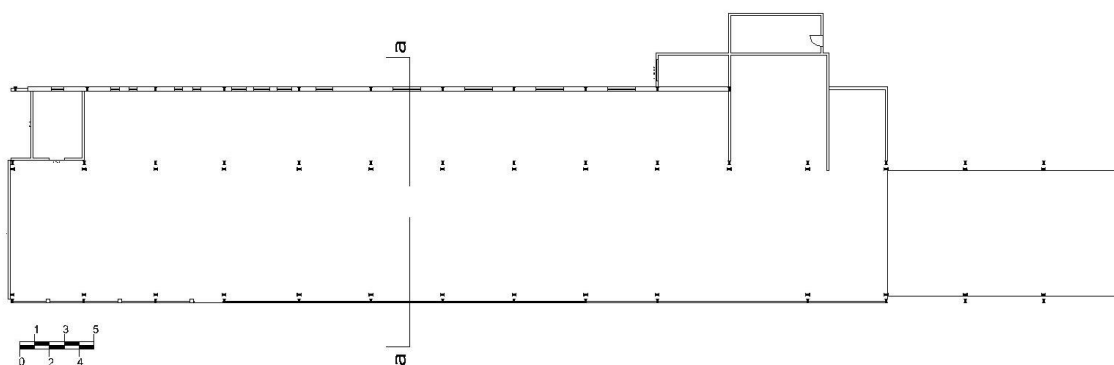


Figura 3. 109: Planta Fundição Ferro e Bronze - Mina de Morro Velho/Nova Lima  
Fonte: Adaptado do levantamento fornecido pela AngloGold (2006)

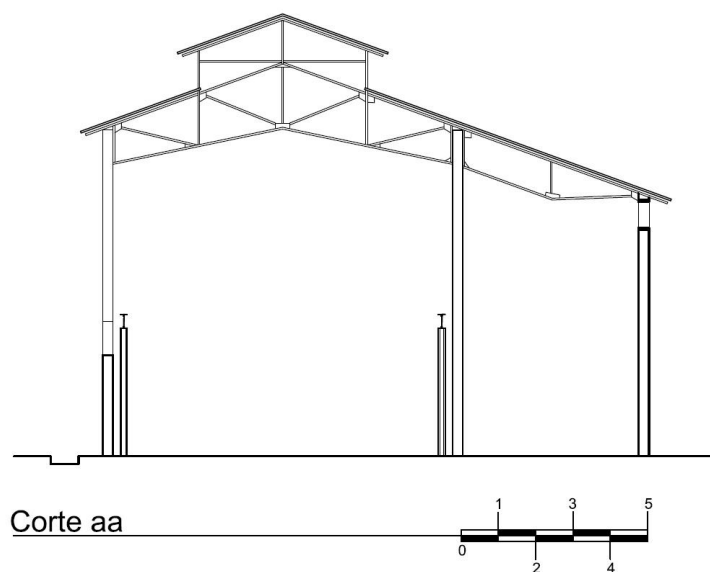


Figura 3. 110: Corte aa - Fundição Ferro e Bronze - Mina de Morro Velho/Nova Lima  
Fonte: Adaptado do levantamento fornecido pela AngloGold (2006)

### 3.2.2.3 – Diagnóstico do Estado de Conservação

A estrutura da Fundição Ferro e Bronze talvez seja a mais conservada, pois a maior parte dos elementos encontra-se protegida por pintura, ainda preservada. Além disso, a estrutura principal apresenta-se, em quase sua totalidade, protegida pelas vedações, como pode ser visto na figura 3.112.



**Figura 3. 111:** Pontos de corrosão na viga de suporte da ponte rolante – Fundição Ferro e Bronze.

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 112:** Estrutura interna aparentemente em bom estado de conservação – Fundição Ferro e Bronze.

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

A corrosão pode ser classificada como atmosférica e se manifesta em algumas peças expostas ao tempo, em geral de forma uniforme em toda superfície, figura 3.113 a 3.115.



**Figura 3. 113:** Processo de corrosão uniforme em pilar direito Fachada Posterior – Fundição Ferro e Bronze.

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 114:** Corrosão uniforme em cantoneiras da tesoura treliçada da fachada posterior – Fundição Ferro e Bronze.

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

Também é possível verificar casos de corrosão macroscopicamente localizada, como observado na figura 3.116, que retrata parte do pilar direito que compõe a fachada posterior. O perfil composto em seção "I" foi preenchido com alvenaria de tijolos, o que possibilita acúmulo de umidade e de agentes agressores, ocasionando processo de corrosão por aeração diferencial.





**Figura 3. 115:** Pilar esquerdo da fachada posterior com corrosão uniforme - Fundição Ferro e Bronze.

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 116:** Pilar preenchido com tijolos possibilita acúmulo de umidade e processo de corrosão mais acentuada - Fundição Ferro e Bronze.

Fonte: Arquivo Pessoal –15/06/12)

As bases dos pilares, normalmente sujeitas ao acúmulo de umidade e sujidades, apresentam bom estado de conservação geral, como observado na figura 3.117. A pior situação encontrada foi na base do pilar da estrutura de suporte da ponte rolante, que apresenta processo de corrosão macroscopicamente localizada em sua chapa de base, figura 3.118.



**Figura 3. 117:** Base pilar da fachada lateral esquerda em bom estado de conservação – Fundição Ferro e Bronze.

Fonte: Arquivo Pessoal – (21/10/11)



**Figura 3. 118:** Corrosão em chapa de base do pilar de suporte da ponte rolante da fachada posterior – Fundição Ferro e Bronze.

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

#### **3.2.2.4 – Identificação do metal**

A identificação apenas visual do material que compõe essa estrutura se torna complexa pela semelhança do "ferro laminado" e do aço. Em planta de projeto original, a especificação da estrutura se refere a aço. Porém, apenas através de exames de laboratório, capazes de revelar a composição química e a estrutura cristalina, seria possível identificar claramente este material.

### 3.2.3 – Galpão Boca da Mina

#### 3.2.3.1 – Descrição da tipologia construtiva

A estrutura que cobre o local por onde saía o minério aurífero constitui uma grande cobertura composta de pilares e tesouras metálicas treliçadas. O galpão ao lado também de pilares metálicos possui estrutura treliçada em madeira, o que revela a transposição dos materiais em uma mesma lógica estrutural. Para efeito de descrição trataremos o galpão que cobre a Boca da Mina de principal e o galpão ao lado de secundário.

Na figura 3.119, o galpão à direita se refere à estrutura principal e na lateral esquerda encontra-se o denominado galpão secundário.

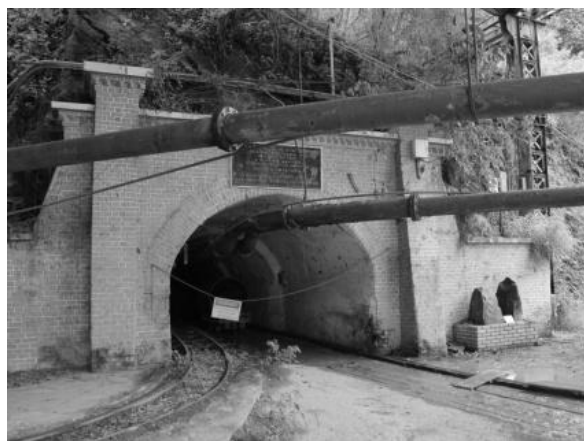


**Figura 3. 119: Galpão Boca da Mina.**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

A figura 3.120 apresenta a estrutura do galpão principal e a figura 3.121, a entrada da Boca da Mina.



**Figura 3. 120: Estrutura do galpão principal de cobertura da Boca da Mina.**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 121: Vista da Boca da Mina**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

A tesoura treliçada do galpão principal é composta por chapas no banzo superior e inferior, interligadas por cantoneiras conectadas com rebites, similares às encontradas no galpão A da Oficina Mecânica. As vigas também em perfis compostos são interligadas em montantes da tesoura por cantoneiras parafusadas. O vínculo entre a tesoura e o pilar é feito por apoio em console, sendo a fixação feita por parafusos, figuras 3.122, 3.124 e 3.125.

A tesoura em madeira treliçada do galpão secundário é fixada em peça de madeira apoiada e presa em pilares metálicos de seção "I" laminados, conforme mostra figuras 3.123 e 3.128.

Os telhados de ambos os volumes possuem duas águas e são cobertos por telhas onduladas de materiais diversos.



**Figura 3. 122: Tesoura treliçada - Boca da Mina.**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 123: Tesoura treliçada em madeira do galpão secundário.**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 124: Ligação pilar, viga e tesoura - Boca da Mina.**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 125: Tesoura da cobertura da Boca da Mina.**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

Os pilares treliçados do galpão principal são formados por uma composição de perfis, sendo configurado por duas chapas laterais, formando as mesas, interligadas por uma alma vazada formada pela união de cantoneiras fixadas nas chapas por rebites, formando um reticulado através de barras chatas cruzadas, também presas por esses conectores. Apenas um pilar conserva sua base original, conforme a figura 3.126, sendo formada por chapas unidas por cantoneiras e fixadas por rebites. As demais bases foram concretadas, mantendo-se a forma trapezoidal, figura 3.127.



**Figura 3. 126:** Base do pilar 08 do galpão da Boca da Mina.

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 127:** Pilar da cobertura da Boca da Mina.

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

Conforme pode ser observado na figura 3.129, o galpão secundário possui pilares internos, também em perfil metálico em seção "I" laminado, para deslizamento de ponte rolante, sendo estes fixados nos pilares principais através de chapa parafusada.



**Figura 3. 128:** Ligação treliça de madeira e pilar metálico Galpão secundário - Boca da Mina.

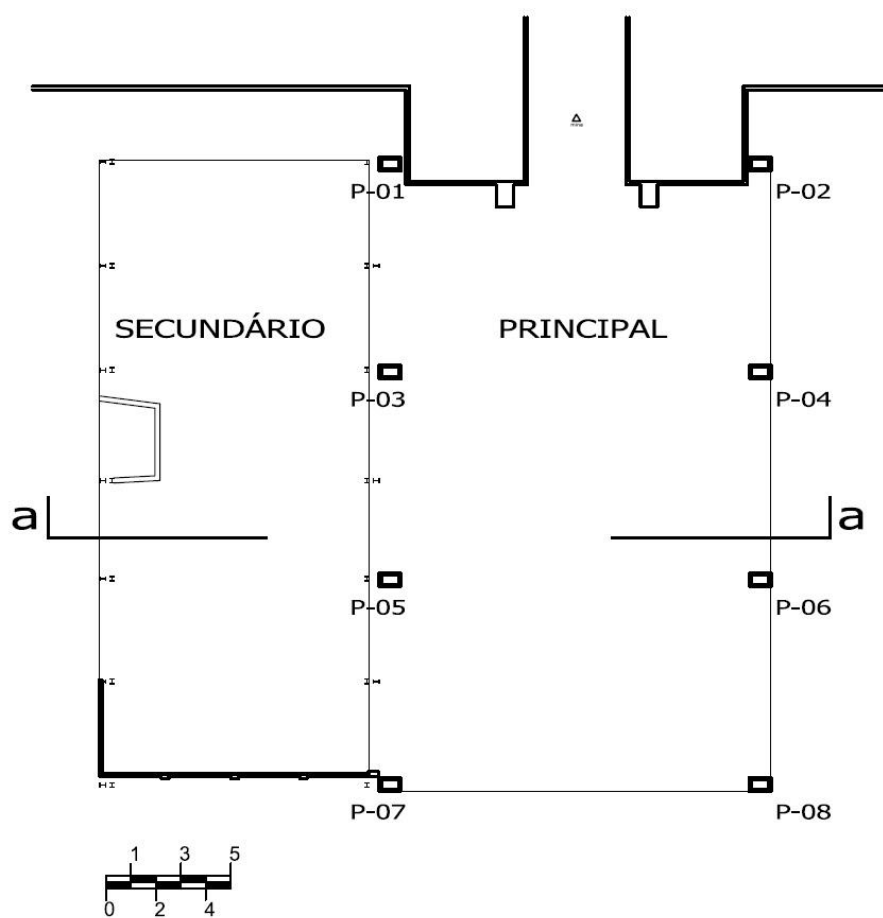
Fonte: Arquivo Pessoal – (11/06/11)



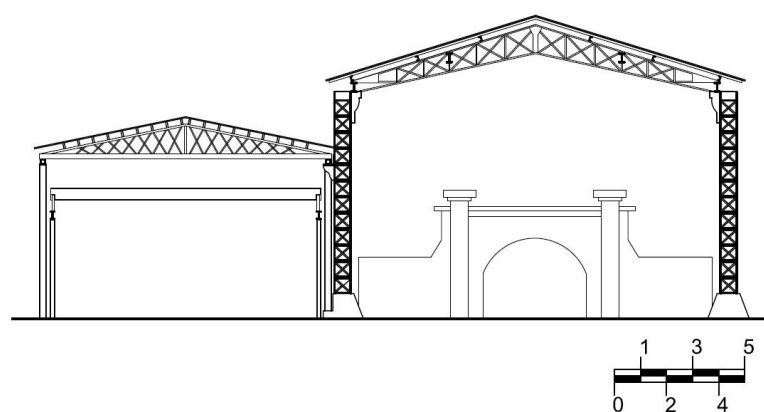
**Figura 3. 129:** Ligação pilar metálico e estrutura ponte rolante - Galpão secundário - Boca da Mina.

Fonte: Arquivo Pessoal – (11/06/11)

### 3.2.3.2 – Levantamento Arquitetônico



**Figura 3. 130: Planta Boca da Mina - Mina de Morro Velho/Nova Lima.**  
**Fonte: Adaptado do levantamento fornecido pela AngloGold (2006)**



**Figura 3. 131: Corte aa Boca da Mina - Mina de Morro Velho/Nova Lima.**  
**Fonte: Adaptado do levantamento fornecido pela AngloGold (2006)**

### 3.2.3.3 – Diagnóstico do Estado de Conservação

A corrosão é a principal patologia encontrada, apresentando-se em estado mais avançado na base dos pilares. Caracterizada como corrosão atmosférica, pode ser encontrada de várias formas, em geral localizadas em frestas e na base dos pilares. As figuras 3.132 e 3.133 ilustram as bases de dois pilares do galpão secundário, executado em perfil laminado. O processo de corrosão ocorre de forma localizada, já apresentando perda de massa em toda sua espessura. É possível que esse processo de corrosão tenha sido desencadeado por acúmulo de umidade e agentes agressores (sujidades) em sua base, provocando aeração diferencial.



**Figura 3. 132: Corrosão avançada na base do pilar do Galpão secundário, Boca da Mina.**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (21/10/11)



**Figura 3. 133: Processo de corrosão na base do pilar - Galpão secundário, Boca da Mina**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (21/10/11)

Os pilares, em geral, encontram-se protegidos por camada de pintura, porém já pode ser observado processo de corrosão uniforme, nos locais onde há descolamento de pintura (figuras 3.134 e 3.135).

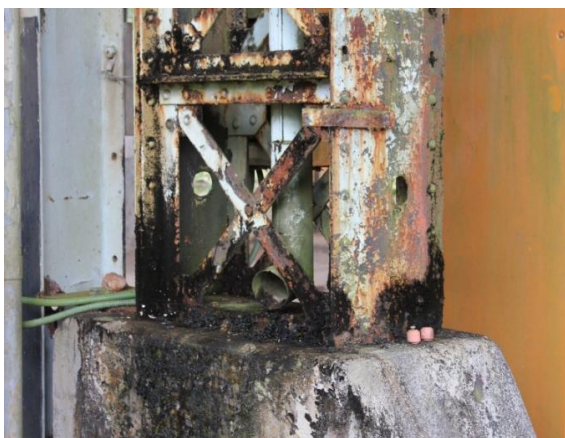


**Figura 3. 134: Corrosão uniforme em pilar do Galpão secundário, Boca da Mina**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (21/10/11)



**Figura 3. 135: Pilar em processo de corrosão uniforme, de forma mais acentuada na base - Galpão secundário, Boca da Mina**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (21/10/11)

As tesouras metálicas em treliça plana do galpão principal apresentam-se em bom estado de conservação. O processo de corrosão encontra-se mais avançado nos pilares, ocorrendo de forma generalizada. Por se tratar de uma composição de perfis, a corrosão se torna ainda mais agressiva pois os cantos e frestas, provenientes das junções dos perfis, são locais favoráveis ao acúmulo de água e agentes agressores. Esse fato torna-se ainda mais acentuado na base das estruturas (figuras 3.136 e 3.137), sendo que o fato do galpão não possuir vedação, acelera ainda mais o processo, pela exposição constante às intempéries.



**Figura 3. 136: Pilar - Galpão principal, Boca da Mina**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 137: Pilar - Galpão principal, Boca da Mina**

Fonte: Arquivo Pessoal –15/06/12)

As imagens indicam que a base em concreto tem propiciado acúmulo de água, sendo evidente a retenção de sujidades e a proliferação de agentes agressores, como microrganismos. As figuras 3.138 e 3.139 mostram como são depositadas impurezas nas junções dos perfis, desencadeando processos de corrosão de natureza localizada. Na figura 3.139, verifica-se que uma das cantoneiras já apresenta perda de massa.



**Figura 3. 138: Pilar - Galpão principal Boca da Mina**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 139: Pilar - Galpão principal, Boca da Mina**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

Outra questão verificada em alguns pilares é a ausência de alguns rebites, que já se desprenderam, ocorrência muito comum em estruturas dessa natureza (figura 3.136).

O pilar 01 apresenta-se mais protegido pela cobertura, porém a alvenaria executada em sua base proporciona acúmulo de sujidade e umidade, figura 3.140. Na figura 3.141 é possível notar ruptura de algumas chapas que compõem o pilar.



**Figura 3. 140:** Alvenaria inserida na base do Pilar 01 proporciona acúmulo de umidade e sujidade - Galpão principal da Boca da Mina  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 141:** Pilar 01 apresenta ruptura de chapa - Galpão principal, Boca da Mina  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

O pilar 08, figura 3.142 e 3.143, é o único que ainda conserva a base original, enquanto os demais receberam embasamento de concreto. As chapas de base se mostram-se relativamente em bom estado, apresentando processo de corrosão, porém ainda sem perda significativa de massa.



**Figura 3. 142:** Base original do Pilar 08 - Galpão principal, Boca da Mina.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (21/10/11)



**Figura 3. 143:** Detalhe da base Pilar 08 - Galpão principal - Boca da Mina  
Fonte: Arquivo Pessoal – (21/10/11)



### 3.2.3.4 – Identificação do metal

#### ➤ Galpão Secundário

As características dos pilares existentes no galpão secundário indicam que foram produzidos em aço laminado. Em levantamento de campo foi identificada a inscrição (figura 3.144): "DORMAN LONG, MIDDLESBROUGH", sendo esta uma companhia existente na cidade de Middlesbrough (Inglaterra), fundada 1875 por Arthur Dorman e Albert de Laude Long (DORMAN LONG TECHNOLOGY, acesso em 14/08/12).



**Figura 3. 144: Inscrição em Pilar - Galpão secundário, Boca da Mina  
Fonte: Arquivo Pessoal – (21/10/11)**

Kühl (1998) descreve que o aço, muitas vezes, possui marcas de fabricação estampadas nas peças, sendo esta mais uma característica de identificação do tipo de metal.

#### ➤ Galpão Principal

A estrutura do galpão principal apresenta características que apontam para o emprego do "ferro pudlado", em geral identificado em perfis compostos por chapas e cantoneiras, unidas por rebites, conforme as estruturas existentes. Segundo Kühl (1998) o ferro laminado substituiu o ferro fundido, por meio do processo denominado pudlagem.

Nota-se que o material apresenta baixa dureza, sendo facilmente deformado, propriedades características deste material, constituído essencialmente de ferrita e escória. Argumento maior seria a semelhança desta estrutura com o galpão A1 da Oficina Mecânica e Ferraria, construído no mesmo período, cuja amostra foi analisada em laboratório, sendo identificada como "ferro pudlado".

### 3.2.4 – Galpão Almojarifado e Fábrica de Cadinhos

#### 3.2.4.1 – Descrição da tipologia construtiva

O galpão do Almojarifado é composto por dois volumes que se interligam em um pavimento superior e são marcados por uma variedade de material e sistemas construtivos, o que confirma os diversos usos e configurações indicados na pesquisa histórica. Nota-se na foto apresentada na figura 3.145, que o subsolo constantemente fica submerso. As referências na descrição da construção foram feitas a partir da fachada de melhor visibilidade, figura 3.145. Os galpões também foram identificados em planta de levantamento (figura 3.156).



**Figura 3. 145: Fachada Almojarifado e antiga Fábrica de cadinhos.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (11/06/11)**

O volume a esquerda (figura 3.146 e 3.147), galpão B, apresenta estrutura principal metálica em perfis compostos, porém a madeira aparece presente em pilares e vigas em um acréscimo à esquerda do galpão, e em vigas da cobertura deste mesmo galpão. Apesar de apresentar pilares antigos, a montagem da estrutura e o emprego variado de peças indica que provavelmente essa construção sofreu intervenções e ampliações, aparentando inclusive que, algumas peças foram reaproveitadas de construções anteriores.



**Figura 3. 146: Vista interna do Galpão B - Almojarifado e antiga Fábrica de cadinhos.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 3. 147: Acréscimo lateral ao galpão B - Almojarifado e antiga Fábrica de cadinhos.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

O galpão A de dois pavimentos, à direita, possui estrutura metálica principal, formada por pilares e tesouras em seção de perfis compostos, como pode ser visto nas figuras 3.148 e 3.149. Todo esse conjunto estrutural é similar ao encontrado no galpão A1 da antiga Oficina Mecânica e Ferraria e encontra-se coberto com telhas cerâmicas francesas apoiadas em ripas e caibros de madeira.



**Figura 3. 148:** Vista interna do Galpão A, à direita - Almojarifado e antiga Fábrica de cadinhos.

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 149:** Vista interna da estrutura do Galpão A - Almojarifado e antiga Fábrica de cadinhos.

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

O galpão B, à esquerda apresenta uma sequência de pilares metálicos na parte central, recebendo uma peça de madeira, como cumeeira, para fixação das tesouras em viga-vagão do telhado, conforme figura 3.151, coberto com telhas onduladas. A figura 3.152 registra o apoio à direita nos pilares metálicos do galpão lateral, e à esquerda, o vínculo acontece em vigas e pilares de madeira (figura 3.147). Os pilares, formados pela união de perfis, possuem mesas e alma em chapas conectadas por cantoneiras através de rebites. As cantoneiras fixadas na alma foram inseridas como enrijecedores (figuras 3.150 e 3.151).



**Figura 3. 150:** Pilares centrais do galpão B Almojarifado.

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 151:** Topo do pilar central do galpão B Almojarifado.

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

As figuras 3.152 e 3.153 ilustram, respectivamente, o topo e a base dos pilares do galpão A, também formados pela composição de chapas nas mesas e alma, unidos por cantoneiras rebitadas. Estes pilares, enrijecidos por cantoneiras centrais e transversais, recebem as tesouras que são apoiadas e parafusadas em consoles, também executados por perfis compostos. As peças que fazem divisa com o volume à esquerda receberam pequeno apoio metálico como suporte de uma longa viga em madeira que recebe as tesouras do galpão ao lado. As bases das colunas, de divisa entre galpões, inserem-se em contrafortes do pavimento inferior, sendo fixadas chapas triangulares nas laterais para maior estabilidade do conjunto.



**Figura 3. 152:** Topo do pilar de divisa entre galpões - Almojarifado e Fábrica de cadinhos.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 153:** Base do pilar de divisa entre galpões - Almojarifado e Fábrica de cadinhos.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

Fato curioso é a estrutura de madeira, formada por esteios e contra-barrotes existentes no pavimento inferior, como suporte do barroteamento de piso. As figuras 3.154 e 3.155 retratam o local que atualmente passa por trabalhos de arqueologia. Supostamente o sistema estrutural em madeira foi inserido posteriormente, para instalação do piso em madeira do almojarifado, pois fotos antigas revelam o funcionamento da Fábrica de Cadinhos sem estes elementos.



**Figura 3. 154:** Vista da antiga Fábrica de cadinhos.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

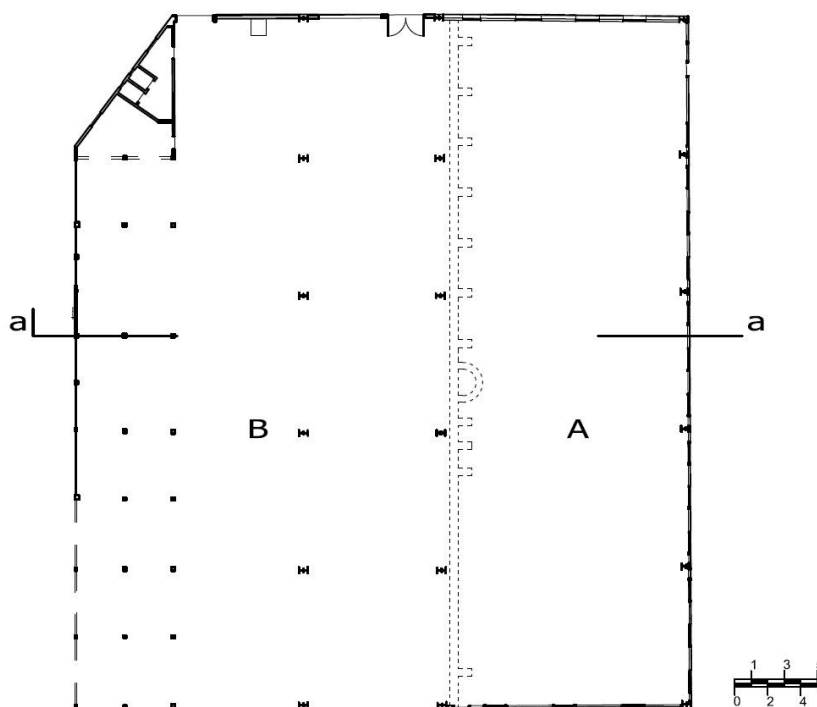


**Figura 3. 155:** Vista lateral Almojarifado e antiga Fábrica de cadinhos.  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

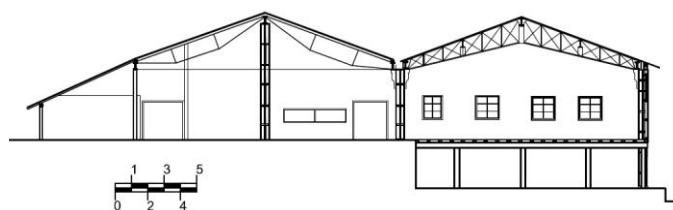
O galpão já recebeu em sua lateral esquerda alguns poucos fechamentos em alvenaria. A vedação corresponde a painéis de chapa metálica "corrugada" fixadas na estrutura e em montantes e travessas internas de madeira, responsável por uma modulação de aberturas na fachada, que não mais apresentam a proporção e modelos das esquadrias originais, sendo possível observar na face interna a verticalização original dos vãos (figura 3.148).

Sabe-se que o local destinado ao galpão do almoxarifado foi em época remota uma antiga fábrica de cadinhos e atualmente a área está sendo estudada por uma equipe de arqueologia, que investiga remanescentes de um antigo engenho também outrora instalado. O exame da estrutura em levantamento de campo confirma as muitas interferências já ocorridas, que comparadas às referências iconográficas existentes, revelam grandes modificações. Este estudo se conteve em analisar a atual composição estrutural metálica.

### 3.2.4.2 – Levantamento Arquitetônico



**Figura 3. 156: Planta Almoxarifado/Antiga Fábrica de Cadinho - Mina de Morro Velho/Nova Lima**  
**Fonte: Adaptado do levantamento fornecido pela AngloGold (2006)**



**Figura 3. 157: Corte aa - Almoxarifado/Antiga Fábrica de Cadinho - Mina de Morro Velho/Nova Lima**  
**Fonte: Adaptado do levantamento fornecido pela AngloGold (2006)**

### 3.2.4.3 – Diagnóstico do Estado de Conservação

As estruturas metálicas do Almojarifado e da antiga Fábrica de Cadinhos apresentam como principal patologia a corrosão, que se intensifica no pavimento inferior pela presença de água, pois a construção foi implantada na parte mais baixa, em local antes denominado praia, às margens do Ribeirão do Cardoso.

Atualmente o acesso ao galpão encontra-se restrito, após desabamento de parte da cobertura. A análise, mesmo que limitada, indica que os pilares do galpão B possuem como principal problema a presença constante de partes deformadas, que trincam no encontro das junções e se desprendem em peças inteiras.

Praticamente todos os pilares do eixo central já perderam parte da extremidade da chapa que compõe a mesa do perfil em sua lateral direita, como pode ser observado nas figuras 3.158 e 3.159.



**Figura 3. 158: Pilares centrais do galpão B - Almojarifado e Antiga Fábrica de Cadinhos.**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 159: Pilar do galpão B - Almojarifado e Antiga Fábrica de Cadinhos.**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (21/10/11)

Esses pilares possuem sistema construtivo e aparência similar a estrutura do galpão A1, da Oficina Mecânica e Ferraria, cujo material empregado é o ferro pudlado. Além disso, a estrutura possui todas as características desse material, sendo macio, de baixa resistência mecânica e facilmente deformável. Em geral, o ferro pudlado apresenta elevado teor de fósforo, que confere certa dureza ao material, e a segregação do mesmo é responsável por fragilizar alguns pontos da peça. Estas são, supostamente, as razões para as deformações e constantes trincas e rupturas, como apresentado nas figuras 3.160 e 3.161.



**Figura 3. 160: Deformação na mesa do pilar Galpão B - Almojarifado e Antiga Fábrica de Cadinhos.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 161: Deformação na chapa da mesa do pilar Galpão B - Almojarifado e Antiga Fábrica de Cadinhos.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

A estrutura superior do Galpão A, em dois pavimentos, que se apresenta distante da umidade, encontra-se em bom estado de conservação. A corrosão pode ser observada em geral de forma uniforme, ainda não se apresentando como uma patologia significativa, sendo mais evidente em locais mais expostos aos agentes atmosféricos. Entretanto, as bases dos pilares da fachada lateral direita, em constante contato com a água, encontram-se em acelerado processo de degradação, como pode ser verificado nas figuras 3.162 a 3.163.



**Figura 3. 162: Pilar pavimento inferior Almojarifado e Fábrica de cadinhos.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 163: Pilar pavimento inferior Almojarifado e Fábrica de cadinhos.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

A corrosão se processa de forma generalizada, porém de maneira mais intensa na base que, por vezes, fica submersa na água, conforme visto na figura 3.155. A corrosão ocorre por aeração diferencial, pela presença do eletrólito (água). O material se desprende em lâminas. Vale registrar, que a forma de composição dos perfis favorece a retenção de umidade e de agentes agressores (sujidades), o que acelera ainda mais o processo de corrosão.

Alguns perfis apresentam deformações e fissuras, como as apresentadas nas figuras 3.164 e 3.165, cuja razão pode ser explicada pelas propriedades do material utilizado, possivelmente ferro pudlado.



**Figura 3. 164: Pilar em processo de corrosão no pavimento inferior do Almojarifado e Fábrica de cadinhos.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 165: Pilar apresenta fratura - pavimento inferior do Almojarifado e Fábrica de cadinhos.**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

A corrosão se processa por meio atmosférico<sup>17</sup> e também pela presença de água<sup>18</sup> constante na base da edificação. Segundo CHIAVERINI (2008), quando em água doce, o processo de corrosão tem como fator mais importante a presença de gases dissolvidos<sup>19</sup>. Sabe-se que a água já se apresenta como veículo propiciador do processo de corrosão e que, associada às outras impurezas, torna-se um meio altamente agressivo para as estruturas metálicas.

#### **3.2.4.4 – Identificação do metal**

Conforme descrito, os perfis estruturais são semelhantes aos existentes no galpão A1 da Oficina Mecânica, sendo identificados como "ferro pudlado". Esse material, caracterizado pelo baixo teor de carbono e presença de escória, possui baixa dureza e resistência mecânica, sendo esta propriedade observada na constante deformação das peças. A segregação do fósforo causa fragilidade em alguns pontos da peça.

<sup>17</sup> A corrosão atmosférica depende fundamentalmente dos seguintes fatores: umidade relativa, substâncias poluentes, temperatura e tempo de permanência do filme eletrolítico na superfície metálica. Também devem ser considerados os fatores climáticos, como temperatura, vento, umidade, chuva, insolação etc (GENTIL, 1996).

<sup>18</sup> O grau de corrosão em meio aquoso depende da presença de variáveis, consideradas impurezas, como: sais, ácidos, bases e gases dissolvidos, material em suspensão e microrganismos. Também deve ser levado em consideração, outras variáveis como: pH, temperatura, velocidade e ação mecânica (GENTIL, 1996).

<sup>19</sup> Na presença de gases dissolvidos (dióxido de carbono, sulfeto de hidrogênio etc.), o oxigênio além de agir de forma independente, acelera a ação corrosiva desses gases. Em relação aos sais, os efeitos da corrosão em soluções concentradas são menores do que nas diluídas, porque a maioria dos sais dissolvidos na água tendem a diminuir a solubilidade do oxigênio e do hidróxido de ferro (CHIAVERINI).



### 3.2.5 – Galpão Elétrica

#### 3.2.5.1 – Descrição da tipologia construtiva

A tipologia arquitetônica do galpão da elétrica também contempla as características até então relatadas dos antigos galpões industriais instalados no Brasil, ainda no início do século XX. Apesar de simples, é formada por uma composição de volumes, destacando o principal que apresenta maior pé-direito e cobertura em telhas francesas, arrematada por uma estrutura em lanternin no encontro de duas águas, marca da arquitetura industrial desse período.

O partido se desenvolve em planta retangular, sendo formado por um salão principal e um volume em sua lateral direita, com vedação em alvenaria e telhado mais baixo coberto com telhas francesas. A fachada lateral direita, figura 3.167, é marcada por extensas aberturas em caixilho de madeira e vidro, inseridas na parte superior, ao longo do volume principal e no volume lateral mais baixo. A fachada frontal, figura 3.166, apresenta fechamento em telha corrugada metálica fixada em estrutura interna de madeira. Alguns volumes parecem provenientes de acréscimos posteriores, como a edificação mais baixa na lateral direita e um fechamento destinado ao forno/incinerador.



**Figura 3. 166: Fachada frontal - Elétrica**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 3. 167: Fachada lateral direita - Elétrica**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

A edificação recebeu um segundo pavimento na fachada posterior, figura 3.168, construído com barroamento de madeira, fechamento em telha corrugada fixada em travessas e montante internos de madeira e telhado derivado do prolongamento da cobertura principal, configurando um acréscimo sobre parte do volume lateral mais baixo. O acesso a esse pavimento é feito por escada metálica interna na parte posterior do galpão.



**Figura 3. 168: Fachada lateral direita vista pela fachada posterior - Elétrica**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 3. 169: Fachada lateral esquerda - Elétrica**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

A estrutura interna se revela na fachada lateral esquerda, figuras 3.169 e 3.171, que se encontra aberta, sem qualquer vedação ao longo do vão principal, apresentando fechamento apenas no volume de dois pavimentos existente na porção posterior. O sistema estrutural é constituído por pilares metálicos laminados, em perfil de seção "I", que recebem vigas também laminadas nas quais se apoiam tesouras tipo "Polonceau". Internamente, figura 3.170, outra estrutura foi inserida para suporte da ponte rolante, sendo também executada com perfil laminado em seção "I", recebendo na parte superior apoios tipo mão francesa.



**Figura 3. 170: Vista interna do volume principal - Elétrica**  
**Fonte: Arquivo Pessoal (11/06/11)**



**Figura 3. 171: Vista dos pilares da fachada lateral esquerda - Elétrica**  
**Fonte: Arquivo Pessoal (21/10/11)**

Como observado na figura 3.172, o volume lateral possui cobertura mais baixa, estruturada com viga vagão e coberta por telha cerâmica francesa, apoiada em caibros e ripas de madeira. Os pilares da estrutura principal demarcam a divisa com esta construção lateral, que recebe fechamento em meia altura de alvenaria. No encontro dos telhados principal e lateral foram instaladas esquadrias ao longo do galpão, o que proporciona boa iluminação, qualificando o

ambiente com uma atmosfera de luz amarelada, como pode ser notado nas figuras 3.173 e 3.174.



**Figura 3. 172: Vista interna do volume lateral - Elétrica**

Fonte: Arquivo Pessoal – (11/06/12)



**Figura 3. 173: Vista interna da estrutura - Elétrica**

Fonte: Arquivo Pessoal – (11/06/11)

A estrutura auxiliar da ponte rolante encontra-se conectada com os pilares principais por chapas parafusadas, formando um esqueleto de estruturas subordinadas, que se integram no conjunto, conforme figuras 3.174. A figura 3.175 apresenta um detalhe do pilar da ponte rolante, reforçado por mãos francesas em perfil laminado de seção "U", também conectados por parafusos. É possível observar a chapa de ligação na junção das vigas, acima do pilar.



**Figura 3. 174: Fachada lateral esquerda - Elétrica**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 175: Estrutura ponte rolante - Elétrica**

Fonte: Arquivo Pessoal – (11/06/11)

Por se tratar de perfis metálicos laminados, todas as ligações foram realizadas com parafusos, utilizando cantoneiras e chapas como elementos de ligação, como pode ser também notado na ligação viga e pilar da estrutura principal, figura 3.176. O vínculo da tesoura com o pilar parece ocorrer por chapa fixada sobre a viga, em uma conexão supostamente de apoio articulado. Para instalação e arremate da esquadria superior foram fixadas vigas metálicas na altura do telhado do volume lateral (figura 3.177).

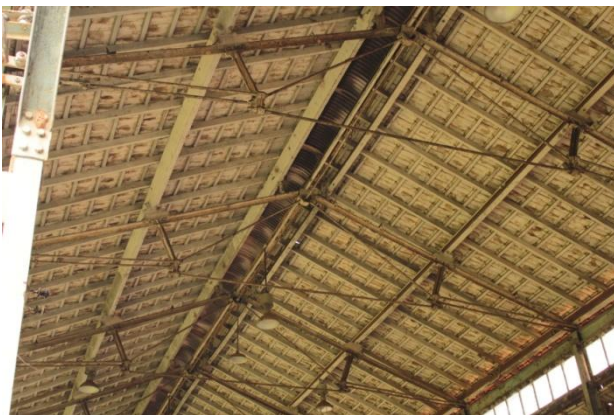


**Figura 3. 176: Ligação viga e pilar - Elétrica**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

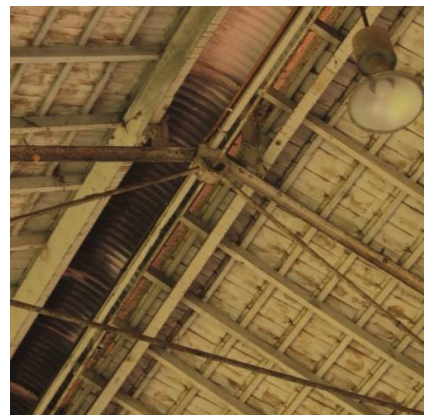


**Figura 3. 177: Ligação tesoura e pilar - Elétrica**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

A estrutura da cobertura, em tesouras planas treliçadas tipo “Polonceau”, é formada por tirantes interligados por meio de articulações com parafusos (figuras 3.178 e 3.180). O lanternin contribui para a ventilação e sua estrutura em arco é fixada no local da cumeeira, sobre as pernas da tesoura (figura 3.179).



**Figura 3. 178: Tesoura metálica tipo " Polonceau" - Elétrica**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

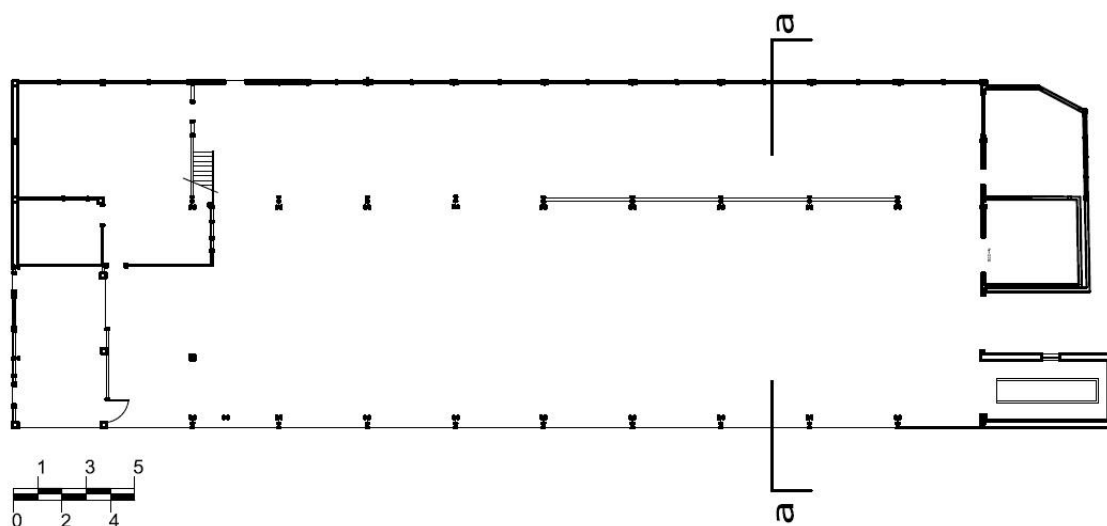


**Figura 3. 179: Detalhe lanternin - Elétrica**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

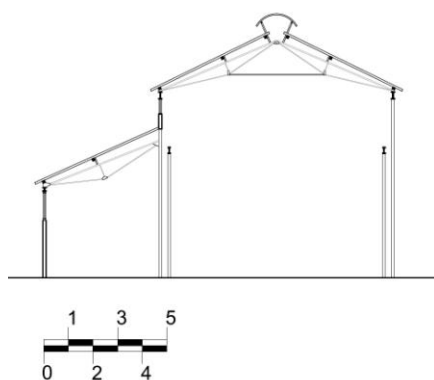


**Figura 3. 180: Detalhe ligação tesoura - Elétrica**  
**Fonte: Arquivo Pessoal –15/06/12)**

### 3.2.5.2 – Levantamento Arquitetônico



**Figura 3. 181: Planta Galpão da Elétrica - Mina de Morro Velho/Nova Lima.**  
**Fonte: Adaptado do levantamento fornecido pela AngloGold (2006)**



**Figura 3. 182: Corte aa - Galpão da Elétrica - Mina de Morro Velho/Nova Lima.**  
**Fonte: Adaptado do levantamento fornecido pela AngloGold (2006)**

### 3.2.5.3 – Diagnóstico do Estado de Conservação

O estado de conservação da estrutura é variável, sendo que os pilares situados na fachada lateral esquerda estão mais sujeitos aos agentes agressores, pela constante exposição às intempéries. A estrutura interna, tesouras e pilares, protegidos pela cobertura, apresentam apenas sujidades e início de processo de corrosão em poucas peças. Na fachada lateral direita, figura 3.183, onde se insere o volume mais baixo, a corrosão se manifesta de forma uniforme e branda, visível em alguns locais pelo descolamento de pintura.



**Figura 3. 183: Estrutura da Fachada lateral direita apresenta corrosão uniforme - Galpão da Elétrica**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 184: Pilar interno em bom estado de conservação - Galpão da Elétrica**

Fonte: Arquivo Pessoal – (11/06/11)

O processo de corrosão manifesta-se com maior intensidade na base dos pilares, devido à proximidade com o solo e maior acúmulo de umidade, como mostra a figura 3.185. A corrosão começa a se generalizar de forma uniforme, sendo perceptível nos locais por ocorrência do descolamento da pintura, figura 3.186. O meio corrosivo é o atmosférico, o que justifica o maior avanço da patologia nos pilares externos e sem proteção.



**Figura 3. 185: Base do pilar apresentando material de corrosão - Elétrica**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

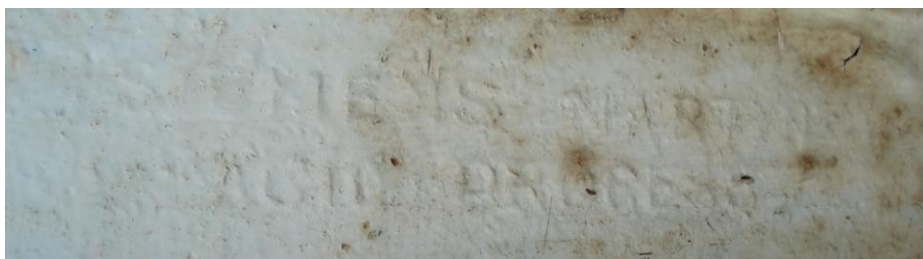


**Figura 3. 186: Corrosão uniforme em pilar da fachada lateral esquerda - Elétrica**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

### 3.2.5.4 – Identificação do metal

Os pilares apresentam características visuais de perfis em aço laminado, pela aparência e emprego das peças. Em levantamento de campo, a descoberta de inscrições comprovam o tipo de fabricação e a procedência do material. A inscrição "Siemens Martin" encontra-se gravada em uma das peças, conforme figura 3.187, indicando que se trata de aço fabricado em forno desse tipo, criado na França em 1864.



**Figura 3. 187: Inscrição "SIEMENS MARTIN" em pilar do galpão da Elétrica**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (11/06/11)

Duas outras inscrições, "LANARKSHIRE STEEL" e "SCOTLAND", (figuras 3.188 e 3.189) revelam que o perfil é procedente da Escócia, de uma empresa fundada em 1897, denominada Lanarkshire Steel Works (GRACE`S GUIDE, 2007, acesso em 14/08/12).



**Figura 3. 188: Inscrição " LANARKSHIRE STEEL " em pilar do galpão da Elétrica**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (11/06/11)



**Figura 3. 189: Inscrição "SCOTLAND" em pilar do galpão da Elétrica**  
Fonte: Arquivo Pessoal – (11/06/11)

### 3.2.6 – Galpão Modelagem

#### 3.2.6.1 – Descrição da tipologia construtiva

O prédio da Modelagem, de arquitetura simples, representa um modelo significativo da tipologia industrial que se estabeleceu no início do período de industrialização no Brasil, em um período em que eram importados não apenas os materiais, mas também modelos formais que acabaram por configurar os centros industriais que se constituíam. A edificação de dois pavimentos contempla materiais industrializados e importados, como a estrutura metálica, os fechamentos em telha corrugada e a cobertura em telhas cerâmicas francesas importadas de Marselha. Percebe-se uma padronização e racionalização no emprego dos elementos estruturais e mesmo nas esquadrias. O conjunto é harmônico e as aberturas, inseridas dentro de uma lógica formal, conferem ritmo, a partir da modulação, figura 3.190.



**Figura 3. 190: Fachada lateral esquerda - Modelagem**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 3. 191: Fachada Frontal - Modelagem**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

Esta edificação se destaca no conjunto por se tratar de uma construção que utiliza materiais industriais, porém apresenta características e soluções técnicas mais elaboradas como o porão alto, solução muito adotada nos prédios ecléticos<sup>20</sup>, que tinha como função afastar a construção da umidade do solo, em geral com piso de tabuado sobre barrotes, além de promover ventilação através de aberturas em seu embasamento, como pode ser visto na figura 3.193. Também as esquadrias em caixilho de madeira e vidro, figura 3.192, apresentam desenho proporcional e diferenciado mecanismo de abertura, assim como as grandes portas

<sup>20</sup> Eclétismo: movimento arquitetônico que se manifestou em meados do século XIX e início do XX. Segundo Boltshauser (1972), consistiu no emprego de qualquer estilo pretérito, em função de uma carência de estilo frente a nova realidade social e aos novos materiais e avanços técnicos, que resultou em construções híbridas, nas quais os elementos da estrutura eram escondidos dentro de maços.



metálicas de acesso (figura 3.191), com seus trilhos e roldanas, permitindo a completa abertura do vão.



**Figura 3. 192: Esquadrias de madeira - Modelagem**  
**Fonte: Arquivo Pessoal (março/11)**



**Figura 3. 193: Ventilação do porão alto - Modelagem**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

As fachadas encontram-se cobertas por chapas metálicas corrugadas (figura 3.192) e esconde a estrutura interna, que aparece de forma pouco expressiva apenas nos pilares das extremidades, nas fachadas frontal e posterior. Internamente a estrutura metálica se revela de forma clara, e se apoia em baldrame. Os pisos executados em tabuado de madeira são instalados sobre barroteamento que, no pavimento superior, apoia-se em vigas metálicas (figuras 3.194 e 3.195) e, no inferior, sobre o embasamento, sendo assim alteado do terreno.



**Figura 3. 194: Vista interna primeiro pav. - Modelagem**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 3. 195: Vista interna da estrutura - Modelagem**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

A estrutura apresenta modulação, sendo configurada em três eixos de pilares no sentido longitudinal. Os pilares internos do eixo central contribuem para a sustentação do piso do segundo pavimento e são formados pela composição de dois perfis laminados em seção "U". As figuras 3.196 e 3.197 mostram a ligação de topo e da base dos pilares centrais internos, podendo ser observado que, para união dos perfis laminados em "U", foram utilizados perfis internos fixados por rebites, assim como para fixação das chapas de base no pilar. Para

montagem das peças foram utilizados parafusos, como observado na união das vigas em "I" e também na cantoneira de fixação viga-pilar, que supostamente já chegou à obra fixada por rebite no pilar. Esta configuração de pilar assemelha-se ao que hoje se conhece como perfil caixão.



**Figura 3. 196: Topo pilar eixo central**  
**Modelagem**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 197: Base pilar eixo central - Modelagem**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

As chapas corrugadas de fechamento são fixadas em montantes e travessas de madeira, moduladas internamente, figura 3.198.



**Figura 3. 198: Fixação da chapa corrugada -**  
**Modelagem**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 199: Pilar extremidade eixo central**  
**da Modelagem**

Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

Os pilares externos, registrados nas figuras 3.200 e 3.201, são formados por um único perfil laminado em seção "U", sendo a chapa de base fixada por rebite. A viga, também em seção "U", se apresenta fixada ao pilar por apoio de cantoneira parafusada e também em sua lateral, já que o mesmo se transpõe para o pavimento superior. Nota-se que as chapas corrugadas de fechamento passam por fora da estrutura.



**Figura 3. 200: Base pilar externo - Modelagem**  
 Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 201: Topo pilar externo - Modelagem**  
 Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

Exceção ocorre nos pilares de extremidade do eixo central (figura 3.199), onde os dois perfis laminados em "U" são unidos formando uma seção "I", utilizando ligações em rebites das chapas de base e cantoneiras, que por sua vez recebe a viga fixada por parafusos, conforme figuras 3.202 e 3.203. Todos os pilares são prolongados até o pavimento superior, recebendo a estrutura da cobertura.



**Figura 3. 202: Topo pilar extremidade eixo central - Modelagem**  
 Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 203: Base pilar extremidade eixo central - Modelagem**  
 Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

As figuras 3.204 e 3.205 mostram o pavimento superior, com piso em tabuado, estrutura interna em madeira para suporte das chapas corrugadas de vedação e cobertura em tesouras planas treliçadas. As tesouras são formadas por perfil em seção "T" no banzo superior, cantoneiras nas diagonais e tirantes no banzo inferior e montantes, conectados por parafusos.



**Figura 3. 204: Vista pavimento superior - Modelagem**  
 Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 205: Pavimento superior - Modelagem**  
 Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 206: Ligação central do banzo inferior da tesoura - Modelagem**  
 Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)



**Figura 3. 207: Ligação da tesoura em local da cumeeira - Modelagem**  
 Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

O vínculo da tesoura com o pilar ocorre como apresentado na figura 3.208. As peças da treliça, banzo superior e inferior são conectadas a um perfil em seção tipo "T" através de parafusos, sendo este apoiado e parafusado em chapa fixada sobre o topo do pilar. Na parte superior, vigas em madeira apoiadas e fixadas em cantoneiras travam o conjunto e arrematam a fixação das chapas de fechamento. Na cobertura, telhas francesas (figura 3.209) são apoiadas em terças, caibros e ripas de madeira.

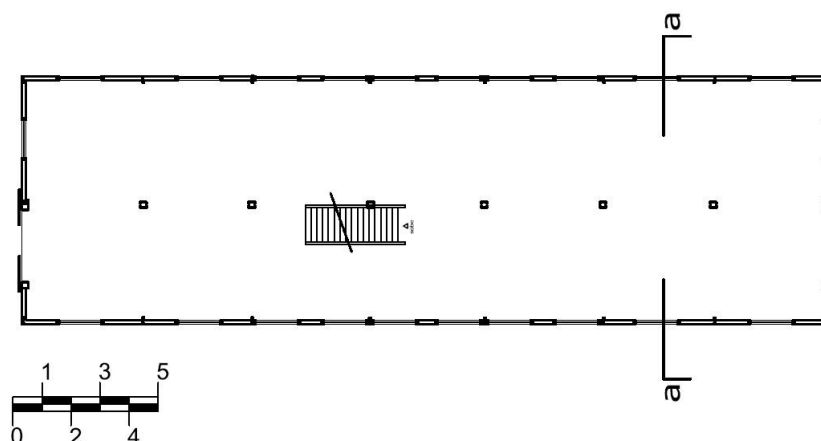


**Figura 3. 208: Ligação pilar tesoura - Modelagem**  
 Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

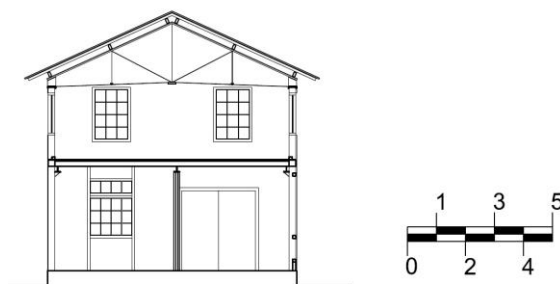


**Figura 3. 209: Telha francesa de Marselha - Modelagem**  
 Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)

### 3.2.6.2 – Levantamento Arquitetônico



**Figura 3. 210: Planta Modelagem - Mina de Morro Velho/Nova Lima.**  
**Fonte: Adaptado do levantamento fornecido pela AngloGold (2006)**



**Figura 3. 211: Corte aa Modelagem - Mina de Morro Velho/Nova Lima.**  
**Fonte: Adaptado do levantamento fornecido pela AngloGold (2006)**

### 3.2.6.3 – Diagnóstico do Estado de Conservação

A estrutura do galpão da Modelagem encontra-se praticamente encoberta por chapas corrugadas, o que acabou por protegê-la. Além disso, a forma como a edificação foi construída, elevada do piso, mantém os pilares afastados da umidade ascendente, o que também favorece o bom estado de conservação dos elementos.

As tesouras da cobertura encontram-se em ótimo estado de conservação, assim como os pilares e vigas. O processo de corrosão é inicial e ocorre de forma uniforme, geralmente na base dos perfis, como pode ser verificado nas figuras 3.212 e 3.213. As frestas se tornam pontos mais susceptíveis à corrosão. O pilar da extremidade do eixo central, figura 3.214, apresenta início de corrosão na chapa de base, proveniente de umidade, onde se pode ver também degradação do tabuado em madeira.



**Figura 3. 212: Corrosão uniforme e em frestas.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 3. 213: Base de pilar apresenta início de processo de corrosão.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**



**Figura 3. 214: Corrosão na base do pilar de extremidade do eixo central - Modelagem**  
**Fonte: Arquivo Pessoal – (15/06/12)**

#### **3.2.6.4 – Identificação do metal**

A princípio não é possível afirmar o tipo de metal utilizado nesta estrutura, pois segundo a forma e composição, os perfis poderiam ser de "ferro laminado" ou aço. O primeiro foi utilizado em composição de perfis, unidos por rebites, mas foi gradativamente substituído pelo aço de baixo teor de carbono. De qualquer forma, tudo indica que a estrutura foi importada, pois nesta época a siderurgia no Brasil ainda era incipiente, ainda não tendo sido implantada nem mesmo a CSN. No projeto original consta especificação de estrutura em aço, sendo supostamente este o material.

Para identificação precisa do material seriam necessários análises químicas e metalográficas do material, o que não foi possível pela indisponibilidade de amostra desta estrutura.

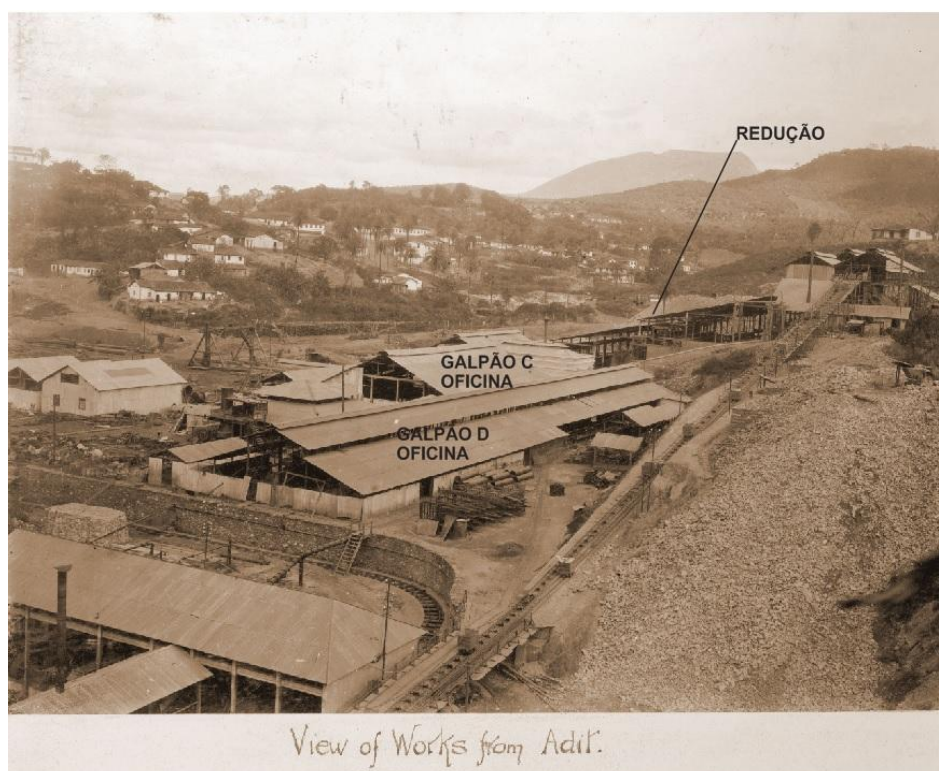
### 3.3 - Cruzamento dos Dados Históricos e da Pesquisa de campo - Morro Velho/Nova Lima

A pesquisa histórico-documental estabelece a evolução das construções, datando-as a partir da análise de antigos registros, sendo possível constatar as diversas modificações e ampliações ocorridas nas instalações da Mina de Morro Velho. Entretanto, individualmente, as construções sofreram intervenções e acréscimos que podem, em parte, ser esclarecidos a partir da leitura dos mapas e fotos antigas. O cruzamento dessas informações gera um diagnóstico mais preciso dos objetos analisados.

#### *Oficina Mecânica e Ferraria*

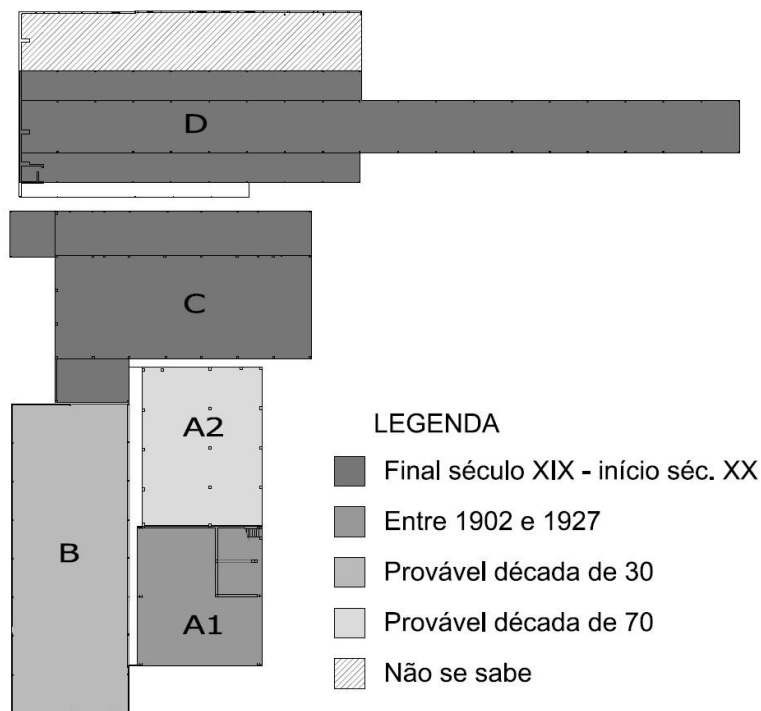
A partir dos mapas e fotos antigas foi possível traçar uma evolução dos diversos galpões que compõem a Oficina Mecânica e Ferraria, figura 3.216.

No mapa datado de 1902 (figura 3.8) apenas o galpão D e C estão representados, fato também confirmado por foto antiga registrada em Rodrigues (2012) apresentada na figura 3.215. Já no mapa de 1927 (figura 3.9) o galpão A1, já aparece desenhado, o que comprova que fora construído neste período.



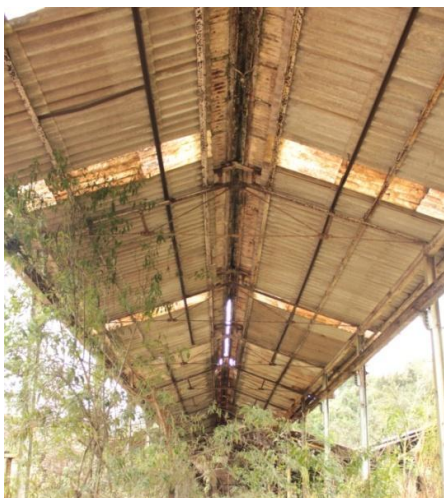
**Figura 3. 215: Vista das primeiras instalações da Oficina Mecânica e Ferraria - Morro Velho, Nova Lima. Fonte: RODRIGUES (2012).**

O galpão B aparece apenas no mapa de 1947 (figura 3.19), sendo também observado na figura 3.15, supostamente da década de 1930, pois ainda não se pode ver a Fundição Ferro e Bronze, projeto datado de 1936. A edificação em concreto armado (A2), executada no prolongamento do galpão A1, foi construída provavelmente na década de 1970, pois não aparece no mapa de 1971 (figura 3.20) e já pode ser identificada no mapa de 1982 (figura 3.22).

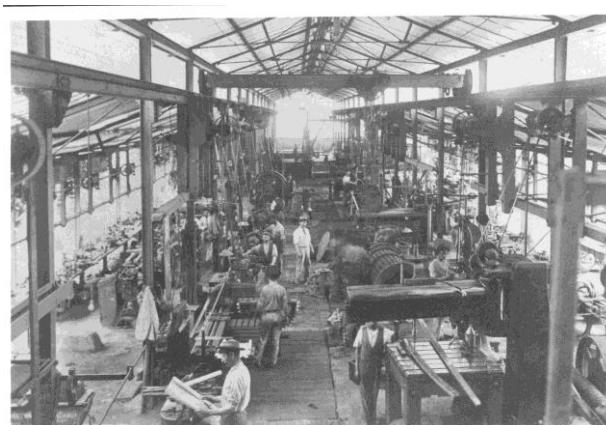


**Figura 3. 216: Oficina Mecânica e Ferraria após a década de 1930.**  
**Fonte: Adaptado do levantamento fornecido pela AngloGold (2006)**

Comparando antiga fotografia registrada em Rodrigues (2012), figura 3.217, com fotografia de campo, figura 3.218, conclui-se que o galpão D da Oficina Mecânica e Ferraria seria destinado à Oficina de Montagem.



**Figura 3. 217: Cobertura da Oficina de montagem**  
**Fonte: Arquivo Pessoal (22/06/12)**



**Figura 3. 218: Vista interna Oficina de Montagem**  
**Fonte: RODRIGUES (2012).**

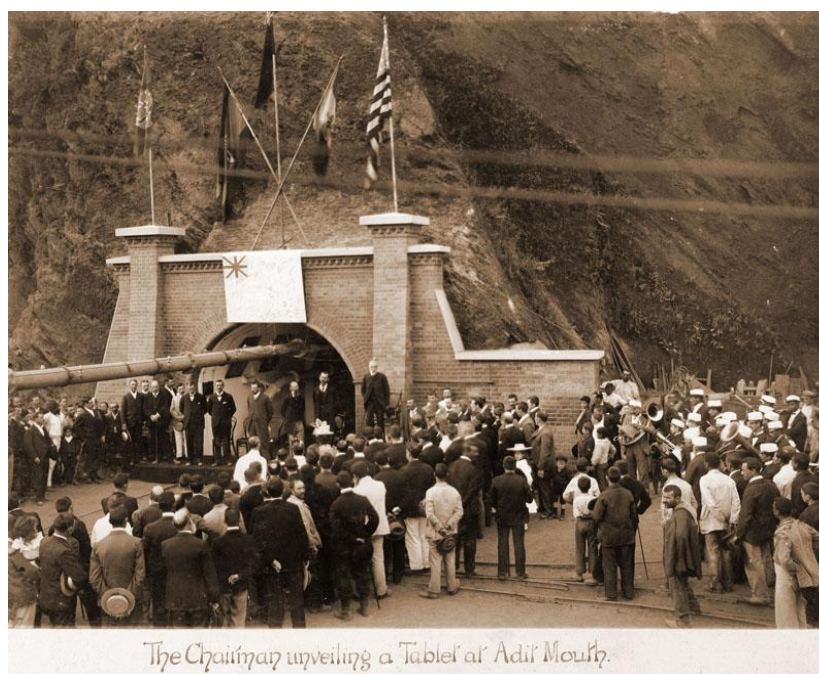


### ***Fundição Ferro e Bronze***

O projeto original do galpão destinado à Fundição Ferro e Bronze, figura 3.18, foi analisado na pesquisa histórico documental, sendo possível observar que foi concebido em dois volumes, um principal e outro em sua lateral, através do prolongamento de seu telhado, especificado com cobertura em telha francesa. Em levantamento de campo a lateral direita possui novos acréscimos, presumivelmente de época posterior, pois são cobertos por telhas onduladas, possuem sistemas construtivos diferenciados e não segue inclinação do telhado original.

### ***Boca da Mina***

Na foto da reinauguração da Mina Grande publicada em Rodrigues (2012), figura 3.219, e datada de 1901, não se observa a estrutura do galpão denominado Boca da Mina, o que indica que foi construído posteriormente, pois não aparece no mapa de 1902 (figura 3.8), aparecendo representado no mapa de 1927 (figura 3.9). Não foi possível descobrir a data de construção do galpão secundário, na lateral da cobertura da Boca da Mina, cujos pilares são procedentes da companhia Dorman Long na Inglaterra.

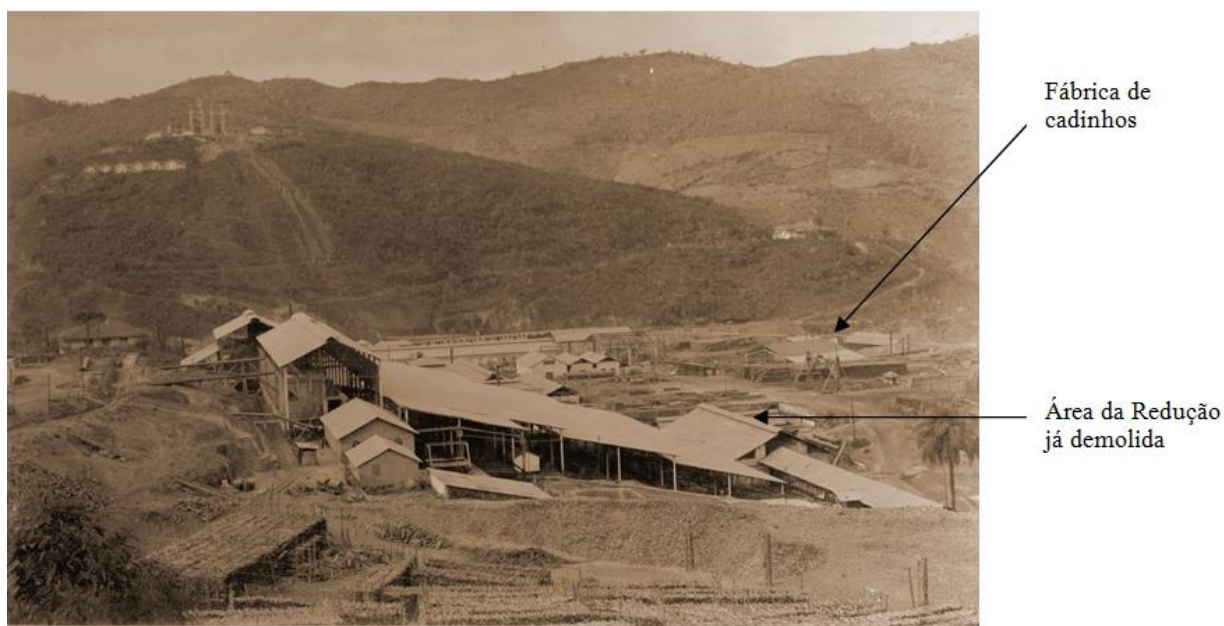


**Figura 3. 219: Reinauguração da Mina Grande em 1901.  
Fonte: RODRIGUES (2012).**

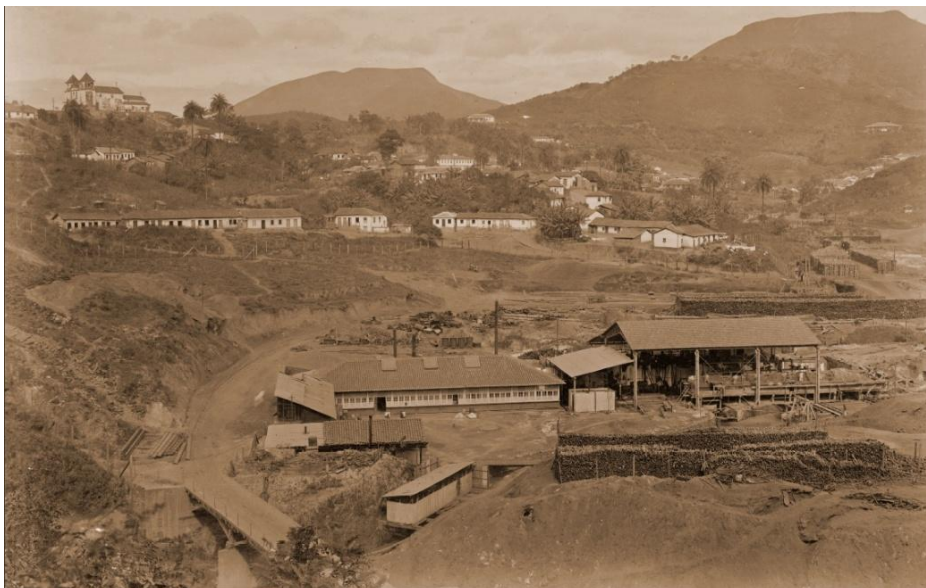
### *Almoxarifado/Antiga Fábrica de Cadinhos*

O galpão do Almoxarifado, conforme descrito anteriormente, passou por inúmeras modificações, tendo abrigado uma Fábrica de Cadinhos. Atualmente trabalhos de arqueologia também investigam remanescentes de um antigo engenho. O mapa de 1886, figura 3.5, apresenta desenhos de duas rodas d'água, que deveriam aproveitar a declividade do terreno no local denominado "Praia".

As imagens publicadas em Rodrigues (2012), figuras 3.220 e 3.221, retratam o galpão do Almoxarifado, antiga Fábrica de Cadinhos, no início do século XX, em menor dimensão, com duas águas e sem fechamento lateral. A foto interna apresentada na figura 3.14, da pesquisa histórica, revela a edificação em uma mesma época, onde se pode notar um prolongamento da cobertura em sua lateral direita. A partir destes registros é possível supor que essa cobertura lateral foi demolida e o galpão B foi construído neste local, em data desconhecida, por volta da década de 1930, pois já aparece na imagem da figura 3.15. Esta mesma foto retrata outras modificações como o aumento do galpão e o fechamento do mesmo com chapa corrugada.

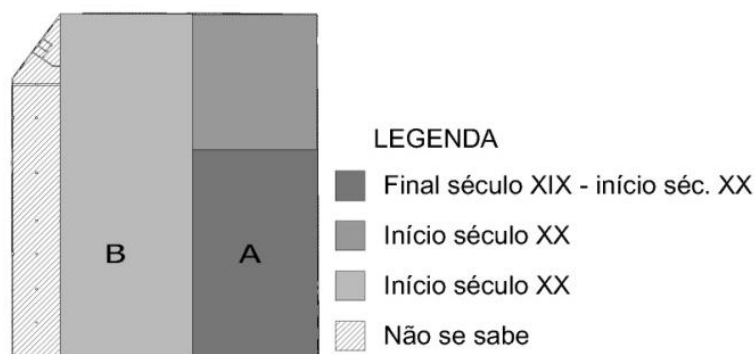


**Figura 3. 220: Vista das instalações da Redução e Fábrica de Cadinhos no início do século XX.  
Fonte: RODRIGUES (2012).**



**Figura 3. 221: Vista das instalações da antiga Fábrica de Cadinhos no início do século XX.**  
**Fonte: RODRIGUES (2012).**

Por hipótese, é possível supor que a planta do Almojarifado e antiga Fábrica de Cadinhos tenha se desenvolvido conforme figura 3.222.



**Figura 3. 222: Hipótese de evolução do Almojarifado e antiga Fábrica de Cadinhos.**  
**Fonte: Adaptado do levantamento fornecido pela AngloGold (2006)**

### ***Galpão da Elétrica e Modelagem***

Os mapas (figuras 3.8 e 3.9) revelam que o prédio da Elétrica foi construído entre 1902 e 1927. Em levantamento de campo foi constatado um acréscimo na sua fachada frontal, que conforme o desenho dos mapas (figuras 3.9 e 3.19) ocorreu entre 1927 e 1947.

Já o Galpão da Modelagem, os dados coletados em campo confirmam a análise feita em projeto original, não tendo passado por nenhuma modificação significativa.

## **CAPÍTULO 4 - O CASO DA FÁBRICA DE TECIDOS DE OURO PRETO**

### **4.1 – Pesquisa histórico documental da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto**

O algodão representava uma riqueza no Estado de Minas Gerais e podia ser encontrado em toda região. O ofício em geral seria desenvolvido pelas mulheres que dominavam o saber na produção de fios e tecidos e passam a contar com meios e instrumentos necessários para produção, surge assim uma indústria feminina de vanguarda no século XIX, conforme descreve Macedo (2003).

Em História Econômica da Primeira República (2002), M. Teresa Ribeiro de Oliveira descreve que as fábricas de tecidos estabelecidas no século XIX se concentravam expressivamente na região central do estado de Minas Gerais, ao norte do local onde veio a se instalar a capital Belo Horizonte, e, posteriormente no Município de Sete Lagoas e região.

Birchal (2004) também aponta que a indústria têxtil estava concentrada principalmente na parte central do Estado de Minas Gerais e descreve ainda que teria sido estabelecida quase que exclusivamente por empresários brasileiros, principalmente, por empresários oriundos da região, em geral de tradicionais famílias locais, como Bernardo Mascarenhas. O autor apresenta em tabela os principais promotores e acionistas das fábricas têxteis estabelecidas na década de 1880 neste Estado, sendo apontada a Industrial Ouro Preto, porém sem informações adicionais. Ao contrário, no Rio de Janeiro, grande parte dos empresários cariocas seria composta por estrangeiros, sendo esta constatação explicada pela grande concentração de estrangeiros nesta cidade. Vale ressaltar que, em Minas, a classe empresarial era basicamente constituída por brasileiros, com exceção da cidade de Juiz de Fora, que recebeu grande fluxo de imigrantes, estabelecendo importância na formação da classe empresarial da Zona da Mata.

Em análise dos dados da economia, no final do século XIX e primeiras décadas do XX, em período exaurido da extração do ouro, é possível verificar os primeiros investimentos na produção do ferro e na exploração de outros minerais como manganês, bauxita etc. A instalação da Usina Esperança no Distrito de Itabira do Campo (atual município de Itabirito), em 1888, e da Usina Wigg no Distrito de Miguel Burnier, são exemplos pioneiros do novo ciclo econômico, que estava por ser estabelecido. Entretanto, após a transferência da capital para Belo Horizonte, instalada em 12 de dezembro de 1897 (SILVEIRA, 1926), a cidade de Ouro Preto encontra-se em um quadro de abandono, e na antiga capital, a Fábrica de Tecidos

no Tombadouro, ainda se apresentava como dos únicos empreendimentos existentes, até a inauguração - segundo Drumond (2011) - da Eletro Química Brasileira S/A (Elquisa) em 1935, depois Aluminas, culminando com a instalação da Alcan em 1952. Sendo assim, a Fábrica de Tecidos (figura 4.1) foi de grande importância para a economia do município durante as primeiras décadas do século XX.



**Figura 4. 1: Fábrica de Tecidos em 1964**  
**Fonte: Fotografia Luiz Fontana - Acervo IFAC-UFOP**

Pouco se foi escrito sobre a história da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto, e nos registros encontrados, a fábrica recebe denominações variadas. Pesquisa em fonte primária (Livro de Aforamento da Prefeitura Municipal de Ouro Preto 1885-1900) revela que o nome original teria sido Companhia Industrial de Ouro Preto, confirmado por Ozzori (1890).

"Termo de Aforamento, posse e obrigação de Foro em favor da Companhia Industrial de Ouro Preto, terreno situado no Tombadouro, medindo 150m de frente, sendo os terrenos altos com 100m de frente por 150m de fundos, na parte baixa 50m de frente por 40m de fundos, com a frente rio acima, com as divisas seguintes: dividindo pelo lado esquerdo com caminho do Itacolomi, do direito com caminho que vem para esta Capital e fundos para o portão da propriedade do Capitão Antônio José d'Oliveira, compreendendo o dito terreno a mencionada Cachoeira do Tombadouro. Em 15 de janeiro de 1890. Fls. 24 a 25v. NCP. Transferido a Fabrika de Fiação e Tecidos Itacolomy em 20-10-1917" (Índice do Livro de Aforamento da Prefeitura Municipal de Ouro Preto 1885-1900, compilado em 2002).

Conforme descrito por Ozzori (1890), a Companhia Industrial de Ouro Preto foi fundada em 1889, tendo escritório central sediado na cidade do Rio de Janeiro, em um sobrado situado na Rua João Alfredo nº58 (antiga da Quitanda). A mesma publicação relaciona como diretores Dr. Augusto Carlos Grey Tavares (engenheiro); João Kastrupp (negociante); Dr. Luiz de

Carvalho e Mello (Professor da Escola Polytechnica); Henry Lowndes; J. Tavares & C. e o Tenente Coronel Valerio Correia Netto Filho. E, como suplentes, Dr. Augusto Carlos da Silva Telles; Comendador Joaquim de Mattos Faro e Dr. Luiz da Rocha Miranda.

"A Companhia Industrial de Ouro Preto, cuja séde é na cidade do Rio de Janeiro, tem por fim estabelecer na Cachoeira do Tombadouro, sita na Freguezia de Antonio Dias, d'esta capital, uma fabrica de fiação e tecelagem de algodão, podendo explorar outras industrias que forem consideradas de provento real e seguro. O seu capital é de duzentos contos de réis, divididos em acções de duzentos mil réis cada uma. Foi installada a 12 de setembro de 1889." (OZZORI, 1890)

M. Teresa Ribeiro de Oliveira, em *História Econômica da Primeira República* (2002), aponta que a Industrial Mineira, companhia têxtil instalada em Juiz de Fora, teria sido a única fábrica estabelecida em Minas Gerais no século XIX, por um grupo de investidores sem relações locais, comerciantes da cidade do Rio de Janeiro e por Henry Miller que morava em Petrópolis. Entretanto, descreve que há evidências que duas companhias estabelecidas na segunda metade da década de 1880, a União Lavrense - constituída em 1886 -, e a Industrial Ouro Preto, teriam sido financiadas pelo menos em parte por investidores residentes na cidade do Rio de Janeiro, mas ressalta a possibilidade destes serem de famílias locais.

Nota-se que a Companhia Industrial de Ouro Preto é mencionada como "Industrial Ouro Preto" por Oliveira (2002) e Birchall (2004).

Segundo consulta ao Livro de Aforamento da Prefeitura Municipal de Ouro Preto 1900-1936, o terreno situado no Tombadouro é transferido da Companhia Industrial de Ouro Preto para a Fábrica de Fiação e Tecidos Itacolomy em 1917, o que também comprova uma mudança, inclusive do nome da empresa.

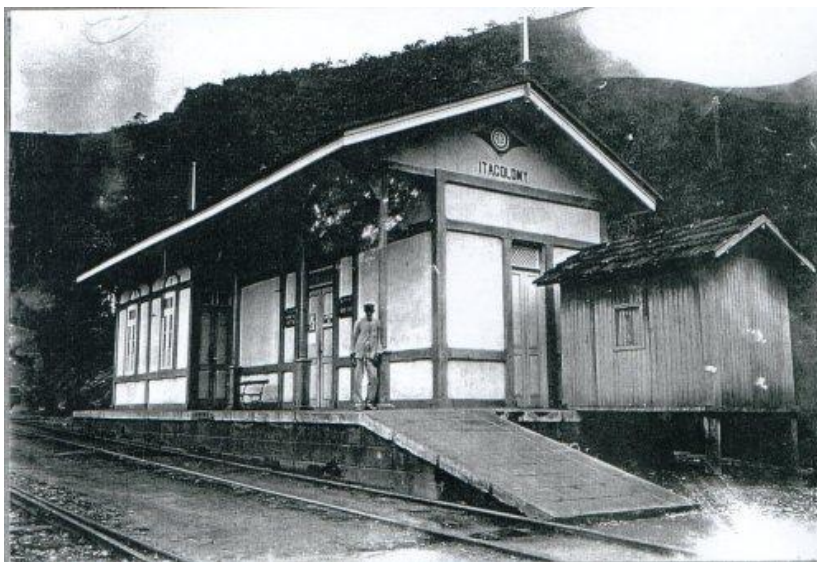
"Termo de Aforamento em favor da Fabrica de Fiação e Tecidos Itacolomy, terrenos anteriormente aforados aos seus sucessores – Companhia Industrial de Ouro Preto, Santos e Irmãos, Resende & Cia e Ex.mo Revmº. Arcebispo de Marianna, aforamento esse em pleno vigor, sendo as divisas dos terrenos as seguintes: ao Norte com um terreno pertencente aos herdeiros do Major Antônio José de Oliveira, por um vallo que partindo do caminho público que vai ter a dita Fábrica desce pelo espigão até o rio Funil; ao Nascente, com rio Funil e por este acima até encontrar uma barranca que divide os terrenos pertencentes ao Capitão João Cintra, na margem direita do mesmo rio; ao Sul com esta barranca e por ela acima até encontrar o córrego do Itacolomy, que divide os terrenos do Capitão João Cintra com os do Bom Sucesso; ao Poente, acompanhando o córrego referido, passando pela Cachoeirinha, em direção a estrada pública que vem da cidade de Ouro Preto, em frente a bocca do Tunnel da Estrada de Ferro Central do Brasil, junto ao boqueirão próximo a referida Cachoeirinha, pela mencionada estrada de pública acima até encontrar no alto o ponto de partida, tendo esse terreno 600m de frente. Em 2 de outubro de 1917. Fls.173 e 174." (Índice do Livro de Aforamento da Prefeitura Municipal de Ouro Preto 1900-1936, compilado em 2002).

"Termo de Aforamento em favor da Fabrica de Fiação e Tecidos Itacolomy, terreno situado no Bom Sucesso, Tombadouro, distrito de Antônio Dias, o qual mede 750m de frente, e tem as seguintes divisas: faz frente para o rio Funil, divide-se pelo lado esquerdo com o córrego do Tombadouro, por ele acima até as fraldas da Serra do Itacolomy; pelo lado direito córrego José Teixeira até as fraldas da mesma Serra. Em 22 de outubro de 1917" (Índice do Livro de Aforamento da Prefeitura Municipal de Ouro Preto 1900-1936, compilado em 2002).

No livro *Ouro Preto Cidade em três séculos*, Drumond (2011) descreve na linha do tempo que, em 1920 é fundada a Fábrica de Tecidos Itacolomi, no Tombadouro. Neste registro o novo nome é citado de forma abreviada, sendo a época de fundação pouco depois à data citada no termo de aforamento.

Cabe registrar que, *Impressões do Brazil no Seculo Vinte* (LLOYD,1913) aponta que a cidade de Ouro Preto no início do século XX possuía fraca indústria manufatureira, informa ainda que, existiam duas fábricas de tecidos na região, uma em Itabira e outra em Ouro Preto, que estava sendo completamente reformada.

O site do "Trem da Vale" indica que a Estação de Vitorino Dias (figura 4.2) foi construída para atender às necessidades da Companhia Industrial Ouro-Pretana. (<http://www.tremdavale.org/pt/estacoes/estacao-vitorino-dias/> acesso em 23/08/12).



**Figura 4. 2: Estação Itacolomi, na década de 1910.**

**Fonte:( GIESBRECHT, 2001. [http://www.estacoesferroviarias.com.br/efcb\\_mg\\_pontenova/vitorino.htm](http://www.estacoesferroviarias.com.br/efcb_mg_pontenova/vitorino.htm); acesso em 23/08/12).**

**Foto cedida por Marcelo Lordeiro, Rio de Janeiro, RJ.**

O ramal de ligação da Estação Burnier para Ouro Preto foi construído em 1888, mas apenas em 1914 foi inaugurada a Estação Vitorino Dias, quando foi aberto o prolongamento do Ramal de Ouro Preto até a cidade de Mariana. A Estação originalmente chamava-se

Tombadouro, tendo sido pouco tempo depois nomeada Itacolomi. Em 1940, na última administração de Caetano Lopes, a Estação passa a se chamar Vitorino Dias, em homenagem ao industrial que teria sido proprietário da Fábrica de Tecidos (MORAIS<sup>21</sup>, 2002; apud MAIA, 2009).

O Comendador Victorino Antônio Dias, nasceu na Freguesia de Santo Aleixo d'Além Tâmega, Portugal, tendo sido morador de Ouro Preto, exercendo a função de comerciante, banqueiro e industrial. Casou-se com Maria Milagres de Araújo (ORIGEM.BIZ. Disponível em: [http://origem.biz/ver\\_cadastro1.asp?id=769](http://origem.biz/ver_cadastro1.asp?id=769), acesso em 23/08/12).

Em consulta ao índice dos livros de contrato da Câmara Municipal de Ouro Preto e Prefeitura Municipal de Ouro Preto, compilado em 2001, pode-se comprovar que desde 1893 a Companhia Industrial de Ouro Preto passou a ser responsável pelo fornecimento de energia elétrica da cidade de Ouro Preto e, a partir de 1927, a Companhia também assume os serviços de telefonia.

"Termo de Contrato Celebrado, em 18 de junho de 1893, entre a Câmara Municipal de Ouro Preto e a Companhia Industrial de Ouro Preto, para iluminação elétrica da cidade de Ouro Preto. Prazo de vigência de 25 anos. Fls. 67v a 73" (Livro de Contratos n.º1 – 1887 a 1896);

"Termo de Acordo Celebrado em 27 de junho de 1905, em que é acordado pagamento de subvenção pela iluminação Pública, em contrato celebrado entre a Câmara e a Companhia Força e Luz Elétrica Ouopretana de 12 de setembro de 1899 e modificado em 7 de julho de 1903. Fls.70 a 71v" (Livro de Contratos n.º2 – 1896-1917);

"Termo de Contrato "Ad referendum" Celebrado em 11 de Outubro de 1905, entre a Câmara Municipal de Ouro Preto e o Sr. Comendador Francisco Afonso Painhas, para transferência de ações da Companhia Luz Elétrica Ouopretana. Contrato referendado pela Câmara em sessão de 19 de dezembro de 1905. Parecer n.º59 da Comissão de Fazenda. Fls. 72v a 73" (Livro de Contratos n.º2 – 1896-1917);

"Termo de Rescisão de Contrato Celebrada em 26 de agosto de 1909, na qual é rescindido o Contrato para cobrança de impostos Municipais, celebrado entre a Câmara Municipal de Ouro Preto e os Srs. Comendador Victorino Antônio Dias, Capitão Cândido Augusto da Cruz e Comendador Joaquim Affonso Painhas (Companhia Luz Elétrica Ouopretana), em 27 de setembro de 1908. Fls.80v a 81" (Livro de Contratos n.º2 – 1896-1917);

"Termo de Contrato Celebrado em 1 de março de 1917, entre a Câmara Municipal de Ouro Preto e os Srs. Comendador Victorino Antônio Dias, Capitão Cândido Augusto da Cruz e Capitão Raymundo Guido de Andrade (Companhia Luz Elétrica

---

<sup>21</sup> MORAIS, Sergio Santos. *Arquitetura das Estações Ferroviárias da Estrada de Ferro Central do Brasil no Século XIX, 1858-1900*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal Do Rio de Janeiro, 2002; apud MAIA, 2009.



Ouropretana), para serviços de iluminação pública e particular em Ouro Preto. Vigência 25 anos. Fls.01 a 04v" (Livro de Contratos n.º3 – 1917-1927);

"Termo de Contrato Celebrado em 8 de fevereiro de 1927, entre a Câmara Municipal de Ouro Preto e os Srs. Raymundo Guido de Andrade e Victorino Antônio Dias (Companhia Industrial Ouropretana), para serviços de iluminação pública e particular, fornecimento de energia elétrica e serviços de telefonia, na cidade e nos distritos. Prazo de concessão 25 anos. Fls. 78 a 84. Obs. Rescinde contrato de 1º de março de 1917" (Livro de Contratos n.º3 –1917-1927);

Vale ressaltar que, este termo de contrato também confirma duas questões, que realmente o Comendador Victorino Antônio Dias foi proprietário da fábrica, e que a mesma, em 1927, se chamava Companhia Industrial Ouropretana. A nova denominação da Fábrica também é citada em Drumond (2011), que aponta o funcionamento da Cia Industrial Ouro-Pretana em 1941, no quadro econômico do município.

A concessão de energia elétrica passa para CEMIG a partir do Decreto nº 57.948, de 10 de março de 1966, que "transfere da Companhia Industrial Ouropretana para Centrais Elétricas de Minas Gerais S.A. concessão para distribuir energia elétrica". E o Decreto nº 61081, de 27 de julho de 1967, "declara a cessação da exploração dos serviços de energia elétrica pela Companhia Industrial Ouropretana, nos distritos de Glaura, Miguel Burnier, Santa Rita de Ouro Preto, Santo Antônio do Leite, Ouro Preto, São Bartolomeu, Amarantina, Antônio Pereira, município de Ouro Preto, Estado de Minas Gerais e outorga concessão à Centrais Elétricas de Minas Gerais S.A. nos distritos citados acima, do município de Ouro Preto, Estado de Minas Gerais e dá outras providências".

A Cachoeira do Tombadouro (figura 4.3) seria responsável pela geração de energia.



**Figura 4. 3: Cachoeira do Tombadouro.**  
Fonte: Acervo Pessoal (25/07/12)

Em entrevista concedida ao Projeto Guignard, em 15 de outubro de 2003, Ricardo Pereira, empresário e morador em Ouro Preto, conta que seu pai Teódulo Pereira, natural de Diamantina, chegou a Ouro Preto em 1942 e adquiriu o controle acionário de uma empresa muito importante, a Companhia Industrial Oupretana de Tecidos, Força, Luz e Telefones. Destaca que a companhia era concessionária dos serviços públicos de telefonia e energia elétrica, além de constituir a Fábrica de Tecidos no Tombadouro, segundo ele, de propriedade do Comendador Vitorino Dias.

PEREIRA (2003) destaca que, após a transferência da Capital para Belo Horizonte, Ouro Preto se encontrava "mergulhada na mais profunda pobreza" e que a Fábrica de Tecidos passava por sérias dificuldades. O Dr. Teódulo Pereira, jornalista e advogado, esteve na direção da companhia até a década de 1960, atuando paralelamente na política ouopretana, contribuindo com sua boa influência política para a obtenção de benefícios para a cidade, como a construção da rodovia que liga Ouro Preto a Belo Horizonte. Através de concurso público ingressou na Escola de Minas em 1960.

Em 1969 a Fábrica de Tecidos de Ouro Preto se encontrava deficitária, segundo relata o Sr. Fernando Antônio Affonso de Araújo, natural do Rio de Janeiro, em entrevista concedida para este trabalho em julho de 2012. Com vasta experiência na área, Fernando de Araújo assumiu a direção da Companhia em 1969, permanecendo no cargo até dezembro de 1976. Nesta época a sua importância no contexto econômico da cidade já havia diminuído, pois a empresa não mais possuía a concessão de telefonia e energia, e a indústria de alumínio canadense, Alcan, se encontrava instalada. Mesmo dentro deste cenário a empresa se mantinha com cerca de 380 funcionários, estabilizando-se e com relativo crescimento. Conforme relembra Fernando de Araújo, antes de sua chegada a companhia teria sido gerenciada por um húngaro, chamado Oto e após deixar o cargo em 1976, a empresa passa a ser conduzida por Antônio Crisostemo Cristino, que já trabalhava na empresa.

A pesquisa oral (ARAÚJO, 2012) revelou que na Cachoeira do Tombadouro existia uma roda d'água responsável pela geração de energia. No extenso corredor existente entre os antigos blocos (figura 4.4), foi instalado o eixo das turbinas hidráulicas, projetado para transformar a energia hidráulica do fluxo de água em energia mecânica, que acionava as polias que movimentavam os teares. A partir deste eixo central eram dispostos eixos transversais que recebiam as polias e eram fixados em suportes dos pilares, sendo esta a função dos encaixes

existentes abaixo do capitel (figura 4.5). Esse fato é relevante e demonstra que a estrutura não apenas cumpria a função estrutural, mas também participava do processo industrial.



**Figura 4. 4:** Corredor onde se encontrava o eixo das turbinas hidráulicas.  
**Fonte:** Acervo Pessoal (07/02/11)



**Figura 4. 5:** Encaixe e suporte das polias que movimentavam as máquinas.  
**Fonte:** Acervo Pessoal (07/02/11)

Também foram relatadas por Araújo (2012) algumas obras realizadas por volta de 1975, quando foi construído um prédio novo para abrigar a tecelagem. A fiação foi mantida no prédio antigo, mas devido às grandes dimensões das máquinas foram necessárias intervenções que resultaram em remoção de alguns pilares, de forma alternada, aumentando os vãos. Segundo o Sr. Fernando, tornou-se necessário diminuir a carga da cobertura para supressão dos pilares, sendo assim optou-se pela troca das telhas francesas por telhas onduladas mais leves. As vigas metálicas receberam emendas com chapas parafusadas. Outra informação importante na ocupação da antiga edificação seria a destinação do setor de tinturaria, no subsolo, sendo uma área destinada ao uso de diversos produtos químicos, fontes de agentes agressores às estruturas metálicas.

A pesquisa oral (ARAÚJO, 2012) trouxe um dado novo, que a Hidrelétrica do Brito pertenceu à Companhia Industrial Ouropretana, e que teria sido, juntamente com a Cachoeira do Tombadouro, responsável pela geração de energia da cidade de Ouro Preto e distritos. Aponta ainda que, a mesma foi arrendada pela Alcan em 1969, sendo hoje de propriedade da empresa Novelis. Ainda segundo relatado pelo Sr. Fernando de Araújo, neste período, a maior parte das ações da Companhia Ouropretana pertenciam ao Sr. Miguel Augusto Gonçalves de Souza, na época diretor/presidente da Companhia Industrial Itaunense, em Itaúna. Por volta da

década de 80, a Fábrica de Tecidos de Ouro Preto se encontrava novamente endividada, tendo sido comprada e incorporada à Itaunense. Vale registrar, que a Companhia Industrial Ouropretana perdeu todo o patrimônio acumulado, tendo sido proprietária de consideráveis imóveis na cidade, como a edificação onde hoje se encontra o Bradesco, na Praça Tiradentes, o grande sobrado onde se encontra instalada a Pousada do Mondego, no Largo de Coimbra e muitos outros imóveis no Alto da Cruz.

Nascido em Itaúna, MG, em 07 de agosto de 1926, Miguel Augusto Gonçalves de Souza, filho de Dario Gonçalves de Souza e de Judith Carmadelli Gonçalves, casou-se com Maria Eunice Cançado Gonçalves de Souza. Entre as atividades industriais exercidas esteve como "Presidente do Conselho de Administração da Companhia Industrial Itaunense (Indústria Siderúrgica e Têxtil), com sede em Itaúna - MG e estabelecimentos industriais em Itaúna e Ouro Preto - MG" (ACADEMIA MINEIRA DE LETRAS).

Drumond (2011) aponta na linha do tempo que, a Fábrica de Tecidos no Tombadouro encerra suas atividades em 1997.

A Companhia Industrial Itaunense teve falência decretada em 29 de dezembro de 1999, pelo Juiz da 1ª Vara Cível de Itaúna, processo número 338.99.003226-4, tendo sido concedida “com continuidade dos negócios”, o que confere arrendamentos a terceiros, mediante autorização do Juiz, até o momento apropriado para o leilão dos bens. A unidade siderúrgica foi arrendada pelo Grupo Arcelor, em 01 de setembro de 2000, com vigência de contrato até 31 de agosto de 2012. Das unidades têxteis em Itaúna, apenas parte da unidade I, foi arrendada para a Coopetex - Cooperativa de Produção de Artigos Têxteis, que após a falência foi constituída por ex-funcionários. A Unidade III, em Ouro Preto, foi desapropriada em 2006 pela Prefeitura Municipal de Ouro Preto, já tendo ocorrido leilão de todos os bens (BOLETIM Eletrônico ArcelorMittal, 2007).

Atualmente as antigas instalações da Companhia Industrial Ouropretana encontra-se em obras, sob a responsabilidade da Prefeitura Municipal de Ouro Preto, atual proprietária do imóvel. O espaço será transformado em um Centro Municipal de Eventos, projeto de autoria dos arquitetos Humberto Hermeto e Francisco Albano Andrade. O espaço será requalificado para implantação do empreendimento que prevê a instalação de oficinas de artesanato, área de exposição e um galpão destinado a cozinha-escola e administração. Além disso, o projeto

contempla a construção de quadras poliesportivas. A proposta tem como propósito a reconstituição da composição original da antiga fábrica, formada por dois Galpões.

A nova proposta de ocupação busca contribuir para a preservação do centro histórico possibilitando a criação de área para eventos, deslocando do centro algumas ocorrências, além da requalificação do bairro Padre Faria, onde parte da ocupação se consolidou de forma mais carente da cidade, até mesmo pela localização mais periférica. Sendo assim, o equipamento oferece à população do bairro opções de lazer e oficinas profissionalizantes. A localização, junto à BR-356, que facilita o acesso, e a recente restauração da estação ferroviária Vitorino Dias, com a requalificação do trecho ferroviário entre Mariana e Ouro Preto, realizada pela Vale, foram fatores decisivos para a escolha da área (CORBIOLI, 2009; <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/humberto-hermeto-e-francisco-albano-andrade-centro-de-10-03-2009.html>; acesso 23/08/12).

Ainda segundo Corbioli (2009), a solução parte do restauro do prédio principal, construção com paredes em alvenaria de pedra. O projeto inicial contemplava um pavilhão para palco, também citado na reportagem, mas que não será construído. Para requalificação da área foi proposta demolição de edificações posteriores, sem valor arquitetônico, que confere espaço livre para grandes aglomerações e, além disso, resgata a praça em frente à fábrica, liberando a vista tanto dos edifícios como para o rio e a cachoeira existentes na gleba que, segundo o arquiteto Humberto Hermeto, gerava energia elétrica para a cidade. Conforme apresentado, no prédio original, a malha interna de pilares metálicos passará por processos de limpeza e receberá proteção antiferrugem. A cobertura necessitará de intervenções mais significativas: os sheds, hoje vedados por telhas de fibrocimento, serão recuperados e foi proposta mudança da modulação das ripas metálicas para recebimento de telhas francesas comerciais, já que as originais não são mais encontradas no mercado.

## 4.2 – Pesquisa de Campo - Fábrica de Tecidos de Ouro Preto

### 4.2.1 – Descrição da tipologia construtiva

Pouco restou das fachadas da antiga Fábrica de Tecidos de Ouro Preto, construída em 1889. Ao longo dos cem anos de atividade a companhia se desenvolveu em um conjunto de edificações, construídas em épocas distintas, sendo possível encontrar do metal ao concreto armado. Novos galpões foram construídos, além de muitas ampliações, que alteraram substancialmente a volumetria original apresentada na figura 4.2. Esta pesquisa se restringe aos remanescentes dos antigos galpões, que conservam ainda hoje sua estrutura metálica.

Localizada fora do centro histórico, possui acesso pelo bairro Padre Faria e também pela BR 356, que liga Ouro Preto a Belo Horizonte. O conjunto industrial foi implantado nas proximidades da Estação Vitorino Dias (figuras 4.6 e 4.7), em período contemporâneo à implantação da rede ferroviária, em Ouro Preto.



**Figura 4. 6: Estação Vitorino Dias**  
**Fonte: Acervo pessoal (07/02/2011)**



**Figura 4. 7: Conjunto residencial ferroviário da Estação Vitorino Dias.**  
**Fonte: Acervo pessoal (07/02/2011)**

A fotografia apresentada na figura 4.8, datada de 2008, apresenta as diversas ampliações ocorridas nas proximidades do antigo galpão, edificadas para atender as diversas demandas da companhia ao longo dos anos em atividade. A nova conformação descaracteriza as fachadas e compromete a qualidade arquitetônica do conjunto, considerando que algumas construções foram realizadas sem critério ou preocupação formal. Os novos prédios se sobrepõem ao volume original, o que significou em perda de material e composição. Nota-se que a ocupação ocorreu de forma irregular, não considerando afastamentos entre as edificações.



**Figura 4. 8:** Vista do conjunto da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto em 2008.  
**Fonte:** Fotografia Deise Lustosa

Conforme citado em pesquisa histórica, o conjunto encontra-se em obras pela Prefeitura de Ouro Preto e os acréscimos relatados e observados em registro de 2008 foram demolidos, figuras 4.12, tendo sido mantidos os remanescentes dos antigos galpões, figura 4.13, e outras construções isoladas, uma em concreto armado, figura 4.9, e outra em estrutura metálica mais recente, galpão 03, figura 4.10.



**Figura 4. 9:** Fachada frontal da construção em concreto armado.  
**Fonte:** Acervo pessoal (07/02/2011)



**Figura 4. 10:** À esquerda galpão 03 metálico mantido.  
**Fonte:** Acervo pessoal (14/08/2012)

A figura 4.11 retrata o conjunto da antiga Fábrica em obras, vista da BR 356. A Estação Vitorino Dias se encontra à esquerda e ao centro estão as edificações construídas ao longo dos anos pela companhia (edificação em concreto armado e galpão 03) e que serão mantidas.

Os remanescentes dos antigos galpões, objeto deste trabalho, se apresentam à direita e possuem partido retangular, sendo formados pela composição de dois volumes paralelos interligados por um longo corredor. O telhado em shed foi preservado, assim como as

tesouras metálicas, que já receberam, durante as obras, cobertura em telha cerâmica francesa, conforme tipologia arquitetônica original.



**Figura 4. 11: Vista atual do Conjunto da Fábrica de Tecidos.**  
**Fonte: Acervo pessoal (14/08/2012)**



**Figura 4. 12: Galpões após as demolições em 2011.**  
**Fonte: Acervo pessoal.**



**Figura 4. 13: Vista atual da fachada dos antigos galpões.**  
**Fonte: Acervo pessoal (14/08/2012)**

A tipologia arquitetônica apresenta características marcantes do período de industrialização que começa a ser implantado no Brasil a partir do século XIX. A arquitetura revela o avanço tecnológico difundido na época através das importações e do emprego de novos materiais como o ferro, que traduzia a "modernidade" marcante da época. O desenvolvimento ferroviário se tornava fundamental e condicionante não apenas como meio de transporte de passageiros, mas também na distribuição dos novos materiais e mercadorias.



A estrutura metálica se apresenta internamente em colunas de seção circular, que recebem a carga da cobertura através de vigas laminadas em seção "I". Em sua maior parte estas colunas foram fundidas com um capitel, que confere apoio às vigas fixadas através de parafusos.

Os registros que se seguem foram feitos em momentos distintos no decorrer da obra, sendo possível notar algumas intervenções realizadas. Em primeira visita realizada no início de 2011, as demolições já haviam sido realizadas e a estrutura da cobertura passava por manutenção e revisão, além da troca de algumas peças, modificando a modulação das ripas, para se adequar a dimensão das novas telhas francesas, previstas para cobertura. Atualmente a construção, ainda em obra, já possui a cobertura recuperada.

A partir das figuras 4.14 e 4.15 é possível verificar que a estrutura acaba de receber vigas transversais de reforço. Nota-se que nem todos os pilares do galpão 02 possuem o mesmo acabamento de topo e que existem variações entre os vãos, sugerindo que o conjunto passou por modificações estruturais em época anterior. No segundo eixo estrutural, observa-se que uma das colunas encontra-se provisoriamente escorada por uma peça metálica devido a uma fratura na base. A amostra para análise de laboratório foi retirada desta peça que possui topo mais simplificado, sem capitel. Também é possível notar escoras em parte da viga em primeiro plano, figura 4.15, o que indica a necessidade de reforço estrutural.



**Figura 4. 14: Vista interna galpão 02 em fev. de 2011.**

**Fonte: Acervo pessoal**



**Figura 4. 15: Vista interna galpão 02 em agosto de 2012.**

**Fonte: Acervo pessoal**

Além de outros serviços de alvenaria e acabamento, continuam sendo realizados reforços estruturais, conforme já mencionado, através da inserção de vigas transversais. A figura 4.16 retrata a instalação da nova viga à direita, que será apoiada e parafusada sobre o capitel. Detalhe para uma viga de reforço já instalada, figura 4.17.



**Figura 4. 16: Reforço estrutural sendo executado.**  
**Fonte: Acervo pessoal (14/08/2012)**



**Figura 4. 17: Vista da viga transversal inserida como reforço estrutural.**  
**Fonte: Acervo pessoal (14/08/2012)**

Com exceção de quatro colunas mais simplificadas do galpão 02, como a que aparece em primeiro plano na figura 4.19, todas as demais possuem capitel, com suporte de apoio para as vigas, conforme figura 4.18. Nota-se que a tesoura é fixada na viga através de cantoneira parafusada.



**Figura 4. 18: Detalhe capitel coluna.**  
**Fonte: Acervo pessoal (25/07/2012)**



**Figura 4. 19: Estrutura da cobertura galpão 02.**  
**Fonte: Acervo pessoal (25/07/2012)**

A junção das vigas em perfil "I" laminado ocorre, em geral, sobre os pilares, como pode ser notado na figura 4.18. Entretanto, modificações estruturais geraram emendas entre vãos, como mostram as figuras 4.19 e 4.21, tendo sido as peças unidas com chapas em ambos os lados, conectadas com parafusos.

O levantamento de campo revela que os vãos originalmente seriam de aproximadamente quatro metros. No galpão 01 foram removidos pilares de forma alternada, dobrando a distância entre os apoios, o que resultou em uma modulação de praticamente oito metros. Já o galpão 02, como descrito anteriormente, passou por interferências maiores e a supressão de colunas geraram vãos diferenciados.

O galpão 01 possui a mesma modulação e todos os pilares possuem acabamento de topo com capitel, como na figura 4.20.



**Figura 4. 20: Detalhe apoio da viga - galpão 01.**  
 Fonte: Acervo pessoal (25/07/2012)



**Figura 4. 21: Viga unida com chapa parafusada - galpão 01**  
 Fonte: Acervo pessoal (25/07/2012)



**Figura 4. 22: Vista interna galpão 01 em 2011.**  
 Fonte: Acervo pessoal.



**Figura 4. 23: Vista interna galpão 01 em 2012.**  
 Fonte: Acervo pessoal.

Nas figuras 4.24 e 4.25 do galpão 01 também é possível verificar durante a obra a inclusão de perfis transversais para reforço. O volume interno em tijolinho foi construído para abrigar os sanitários na nova proposta de ocupação.



**Figura 4. 24: Vista interna da parte frontal do galpão 01 em 2011.**  
 Fonte: Acervo pessoal.



**Figura 4. 25: Vista interna da parte frontal do galpão 01 em 2012.**  
 Fonte: Acervo pessoal.

O galpão 01 é apresentado em outro ângulo de visão nas figuras 4.26 e 4.27. A alvenaria de fechamento posterior recebeu abertura em verga curva, assim como observado em outros locais da construção, recuperando os locais dos antigos vãos existentes, marcados em registros nas paredes perimetrais.



**Figura 4. 26: Vista interna da parte posterior do galpão 01 em 2011.**

Fonte: Acervo pessoal.



**Figura 4. 27: Vista interna da parte posterior do galpão 01 em 2012.**

Fonte: Acervo pessoal.

A cobertura em shed foi disposta de forma longitudinal, sendo uma solução que proporciona iluminação e ventilação em todo o conjunto. Estruturada por uma sequência de tesouras, figuras 4.28 e 4.29, em treliça plana foram executadas com cantoneiras metálicas fixadas por parafusos. Esse sistema, em forma de "dentes de serra", consiste em subdividir o telhado em diversos módulos, constituídos por coberturas de uma água, com calhas pluviais intermediárias, sendo conferidas aberturas no fechamento vertical, neste caso realizadas por esquadrias metálicas, com fechamento de vidro e abertura tipo balsa horizontal (figura 4.30).



**Figura 4. 28: Tesouras da cobertura durante recuperação.**

Fonte: Acervo pessoal (07/02/2011)



**Figura 4. 29: Tesoura da cobertura após recuperação**

Fonte: Acervo pessoal (25/07/2012)



**Figura 4. 30: Aberturas na cobertura de shed em báscula.**  
**Fonte: Acervo pessoal (07/02/2011)**

Conforme descrito, os galpões 01 e 02 são separados por um longo corredor, cujo acesso é apresentado na figura 4.31. Na alvenaria, uma sequência de tijolos marca a verga curva do vo original, também indicado a ser recuperado em projeto. Na poro posterior, um corredor coberto por laje em concreto afasta o galpão 01 do arrimo em pedra, junto à encosta (figura 4.32).



**Figura 4. 31: Acesso corredor entre os galpões.**  
**Fonte: Acervo pessoal (25/07/2012)**



**Figura 4. 32: Circulação junto à encosta na poro posterior.**  
**Fonte: Acervo pessoal (25/07/2012)**

O volume original foi construído em paredes de alvenaria de pedra, com rejuntas de argamassa  base de cal, sem reboco na face exterior e rebocada na face interior. As poucas fachadas externas preservadas (figuras 4.33 e 4.34) apresentam pequena cimalha em tijolos cerâmicos sobrepostos e rebocados, recebendo logo abaixo discretos elementos decorativos em uma composição de três tijolos maciços. As paredes acima da cimalha, que fecham as laterais dos sheds, foram executadas em alvenaria de tijolos maciços e atualmente estão sendo recompostas com a utilização de tijolos cerâmicos furados. As vergas das aberturas de portas e janelas se apresentam em arco, executadas em tijolos maciços sem reboco, com rejuntas

salientes, sendo esta uma característica das construções implantadas neste período. A porta da figura 4.33 é coberta por uma nova marquise em concreto, também objeto na nova proposta, que liga o conjunto dos galpões 01 e 02 com o galpão 03.



**Figura 4. 33: Fachada lateral esquerda**  
**Fonte: Acervo pessoal (25/07/2012)**



**Figura 4. 34: Fachada lateral direita**  
**Fonte: Acervo pessoal (25/07/2012)**



**Figura 4. 35: Fachada lateral direita - subsolo**  
**Fonte: Acervo pessoal (07/02/2011)**



**Figura 4. 36: Fachada lateral direita - subsolo**  
**Fonte: Acervo pessoal (25/07/2012)**



**Figura 4. 37: Vista da fachada lateral direita em 2011**  
**Fonte: Acervo pessoal (07/02/2011)**



**Figura 4. 38: Vista da fachada lateral direita em 2012**  
**Fonte: Acervo pessoal (14/08/2012)**

A fachada lateral direita é registrada em dois momentos nas figuras 4.35 a 4.40, podendo-se notar a recuperação dos fechamentos laterais da cobertura, porém com o fechamento dos óculos existentes e originais. Uma escada foi executada para acesso externo e um volume em tijolos marca a intervenção.



**Figura 4. 39: Fachada lateral direita em 2011 - subsolo**  
**Fonte: Acervo pessoal**



**Figura 4. 40: Fachada lateral direita em 2012 - subsolo**  
**Fonte: Acervo pessoal**

O volume do subsolo recebe alterações significativas, com a demolição de algumas paredes e aberturas mais generosas, tornando o local mais amplo e iluminado, figuras 4.41 e 4.42. Parte deste pavimento é coberto por uma varanda, onde o guarda-corpo está sendo instalado. Alguns pilares metálicos existentes no pavimento inferior receberam embasamento de concreto. Após limpeza, os pilares começam a receber pintura com tinta esmalte sintético anti-ferrugem.



**Figura 4. 41: Acesso subsolo em fev. de 2011.**  
**Fonte: Acervo pessoal.**



**Figura 4. 42: Acesso subsolo em agosto de 2012.**  
**Fonte: Acervo pessoal.**

No subsolo alguns pilares em ferro fundido teriam sido substituídos em momento anterior por concreto armado (figura 4.43 e 4.44). A laje que sustenta o pavimento superior é modulada e estruturada em perfis laminados de seção "I", inseridos nas lajes em abobadilhas.



**Figura 4. 43: Vista interna do subsolo antes da demolição das paredes.**  
**Fonte: Acervo pessoal (07/02/2011)**



**Figura 4. 44: Vista interna do subsolo após as demolições e aberturas.**  
**Fonte: Acervo pessoal (14/08/2012)**

No depósito do subsolo, figura 4.45, um pilar também já teria sido substituído por concreto armado.

A viga de borda em perfil "I" laminado mostra que as ligações da armação da laje em abobadilha<sup>22</sup> são feitas por parafusos (figura 4.46).



**Figura 4. 45: Vista do depósito do subsolo.**  
**Fonte: Acervo pessoal (14/08/2012)**



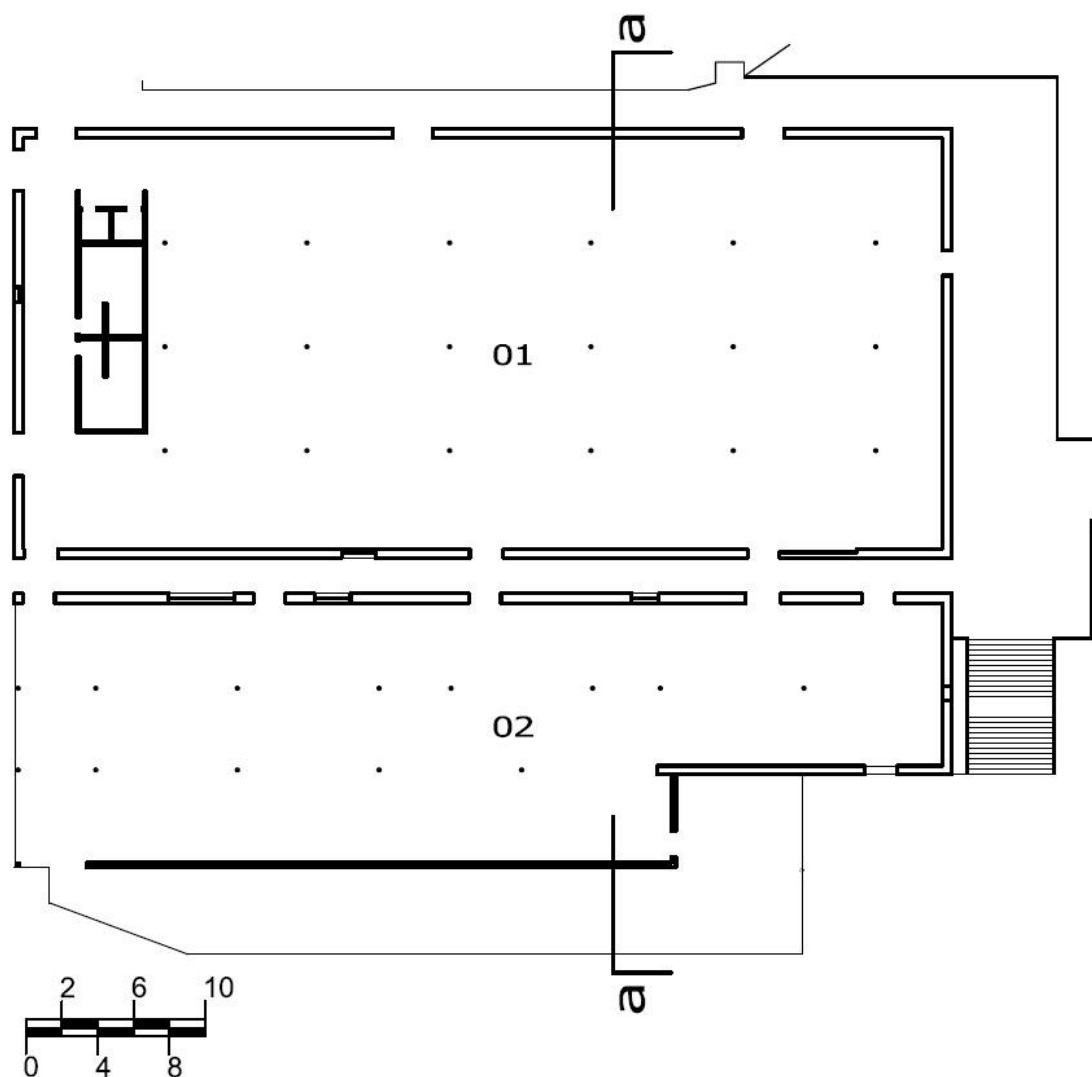
**Figura 4. 46: Viga de borda do subsolo.**  
**Fonte: Acervo pessoal (14/08/2012)**

---

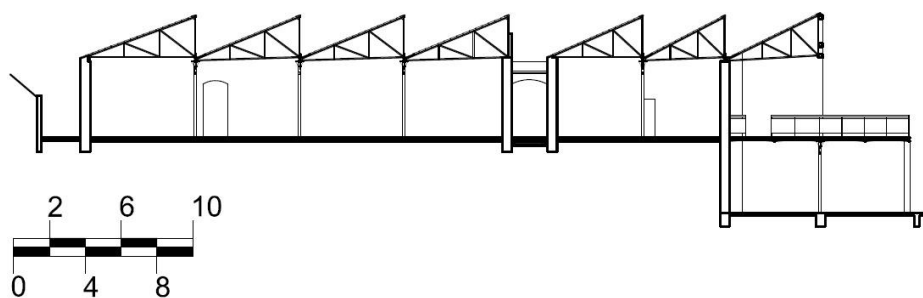
<sup>22</sup> Laje em abobadilha: Solução muito empregada, com vigas perfiladas em "I" que constituem de forma oculta os apoios das abóbodas muito abatidas do piso (BOLTSHAUSER, 1972).



#### 4.2.2 – Projeto Arquitetônico



**Figura 4. 47: Planta da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto.**  
**Fonte: Adaptado de projeto arquitetônico fornecido pela Prefeitura Municipal de Ouro Preto**



**Figura 4. 48: Corte aa da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto.**  
**Fonte: Adaptado de projeto arquitetônico fornecido pela Prefeitura Municipal de Ouro Preto**

### 4.2.3 – Diagnóstico do Estado de Conservação

A estrutura de todo pavimento superior se encontra em bom estado de conservação, o que supostamente ocorreu devido ao afastamento do solo e a constante proteção das paredes perimetrais e cobertura, que foi removida apenas durante execução da obra. O processo de corrosão neste pavimento é inicial e se apresenta de forma uniforme nas vigas em perfil "I" laminado e nas colunas em ferro fundido (figuras 4.49 e 4.50).



**Figura 4. 49:** Processo de corrosão uniforme na viga laminada e na coluna em ferro fundido.  
Fonte: Acervo pessoal (07/02/2011)



**Figura 4. 50:** Viga em perfil I laminado em processo de corrosão uniforme.  
Fonte: Acervo pessoal (07/02/2011)

O processo de corrosão nos pilares em ferro fundido ocorre geralmente de forma uniforme, de maneira mais acentuada na base, onde se pode notar maior descolamento da pintura. Em algumas colunas, a corrosão se processa de forma localizada no capitel (figura 4.51), podendo ocorrer em frestas, por tensão na região do parafuso ou pelo contato de conectores com materiais diferentes (corrosão galvânica).



**Figura 4. 51:** Corrosão em frestas, e/ou por tensão e/ou processo galvânico, no capitel da coluna do pavimento superior.  
Fonte: Acervo pessoal (25/07/2012)



**Figura 4. 52:** Pilar em ferro fundido do pavimento superior apresenta pontos de corrosão em sua superfície.  
Fonte: Acervo pessoal (25/07/2012)

Algumas peças apresentam pontos de corrosão, supostamente pela rugosidade da superfície, que favorece retenção de agentes agressores em alguns locais. A figura 4.52 ilustra caso de descolamento de pintura por falta de aderência do revestimento e início de pontos de corrosão.

Apenas um pilar foi encontrado com fratura na base (figura 4.54), supostamente pela fragilidade do material, pouco resistente ao impacto, devido à dureza característica do ferro fundido. Fato curioso é o encaixe existente na base da coluna. A figura 4.53 mostra o bom estado de conservação do material.



**Figura 4. 53: Pilar pavimento superior em bom estado de conservação.**

Fonte: Acervo pessoal (25/07/2012)



**Figura 4. 54: Fratura em base de um pilar do pav. superior.**

Fonte: Acervo pessoal (25/07/2012)

Em visita no início das obras observou-se que a estrutura já manifestava alguns problemas de instabilidade, supostamente decorrente da supressão dos pilares, como pode ser notado no desalinhamento das vigas, que cederam nas emendas de alguns vãos (figura 4.55). Esse trecho é exatamente o local que atualmente se encontra escorado em obra, o que revela a necessidade de reforço estrutural, ainda mais acentuada pela sobrecarga das telhas já sobrepostas.



**Figura 4. 55: Junção vigas desalinhadas.**

Fonte: Acervo pessoal (07/02/2011)

No subsolo a estrutura em ferro fundido apresenta processo de corrosão mais avançado em algumas peças. A corrosão desencadeada por meio atmosférico supostamente foi acelerada pela antiga ocupação do local, destinada ao setor de tinturaria, o qual empregava produtos químicos, como cloro, ácidos e óxidos. Estes produtos podem atacar o ferro, acelerando o processo de deterioração. Em visita realizada no início de 2011, foi possível verificar que dois, dos oito pilares em ferro fundido existentes, já se encontravam em estado avançado de degradação. As demais colunas mostravam-se em processo inicial de corrosão, como o apresentado na figura 4.56, de forma mais localizada nos conectores e arestas (bordas), e as causas prováveis são: aeração diferencial em frestas, contato entre materiais diferentes e/ou concentração de tensões. As vigas apresentavam início de corrosão uniforme, figura 3.336, de forma acentuada nas arestas junto à laje, figura 4.56. Atualmente, durante as obras, as peças estão sendo submetidas a proteção com pintura em tinta esmalte anti-ferrugem, figuras 4.58 e 4.59.



**Figura 4. 56: Junção coluna, viga e laje do subsolo.**  
**Fonte: Acervo pessoal (07/02/2011)**



**Figura 4. 57: Junção viga de borda e coluna do subsolo.**  
**Fonte: Acervo pessoal (07/02/2011)**



**Figura 4. 58: Colunas internas do subsolo cobertas por pintura.**  
**Fonte: Acervo pessoal (14/08/12)**



**Figura 4. 59: Coluna de borda do subsolo coberta por pintura.**  
**Fonte: Acervo pessoal (14/08/12)**

Não se sabe por qual motivo, três colunas receberam durante as obras uma base de proteção em concreto, figuras 4.60 e 4.61, entretanto, foram executadas de forma inadequada, sendo possível causar acúmulo de umidade e agentes corrosivos na parte superior.



**Figura 4. 60:** Três colunas receberam base de concreto.  
Fonte: Acervo pessoal (14/08/12)



**Figura 4. 61:** Embasamento de concreto.  
Fonte: Acervo pessoal (14/08/12)

Em alguns pilares do subsolo, que já receberam tinta, é possível observar pontos com perda de massa por corrosão (figura 4.62).

O processo de corrosão da viga de borda, apresentada anteriormente na figura 4.57, exposta diretamente às intempéries, atualmente se apresenta em processo de corrosão de forma uniforme mais acentuada (figura 4.63), e com desprendimento de material na chapa de ligação parafusada. A corrosão próxima aos conectores pode ocorrer em frestas, por tensão ou por contato entre materiais diferentes (corrosão galvânica).



**Figura 4. 62:** Corrosão em ponto da superfície.  
Fonte: Acervo pessoal (14/08/2012)



**Figura 4. 63:** Corrosão uniforme na viga de borda, mais acentuada na região dos conectores.  
Fonte: Acervo pessoal (14/08/2012)

Duas colunas se encontram em estado mais avançado de corrosão e ainda não receberam intervenção. A primeira delas, última peça do eixo estrutural apresenta corrosão generalizada, de forma mais uniforme na base (figuras 4.64 e 4.65). No capitel a corrosão se concentra nas bordas e conectores (figura 4.66), e as causas prováveis são: aeração diferencial em frestas, contato entre materiais diferentes e/ou concentração de tensões. A figura 4.67, mostra o capitel da mesma coluna em 2011, ainda com roldana, componente das antigas máquinas.



**Figura 4. 64:** Coluna em processo de corrosão generalizada.

Fonte: Acervo pessoal (14/08/2012)



**Figura 4. 65:** Base da coluna em corrosão uniforme.

Fonte: Acervo pessoal (14/08/12)



**Figura 4. 66:** Capitel da coluna em processo de corrosão mais acentuado em frestas, bordas e conectores.

Fonte: Acervo pessoal (14/08/12)



**Figura 4. 67:** Capitel da coluna em processo de corrosão em 2011.

Fonte: Acervo pessoal (07/02/2011)

A outra coluna em pior estado de degradação se encontra dentro do depósito. A corrosão já bem avançada, ocorre de forma uniforme com perda de massa (figura 4.68 e 4.69).



**Figura 4. 68: Coluna em processo de corrosão com perda de massa.**  
**Fonte: Acervo pessoal (14/08/2012)**



**Figura 4. 69: Capitel em processo de corrosão em frestas, por tensão e/ou por processo galvânico.**  
**Fonte: Acervo pessoal (14/08/2012)**

Outra patologia importante que merece destaque, porém não será aqui detalhada, por não se tratar de objeto desta pesquisa, é a corrosão apresentada nas ferragens expostas das lajes em concreto armado. Esse problema é encontrado em dois locais, na laje que cobre o corredor de encontro com a encosta, na fachada posterior, (figura 4.71), e em alguns módulos das lajes em abobadilha (figura 4.70). A laje do corredor será demolida em projeto, mas a do subsolo precisa ser recuperada.



**Figura 4. 70: Laje em abobadilha no subsolo.**  
**Fonte: Acervo pessoal (14/08/2012)**



**Figura 4. 71: Laje corredor que separa a construção da encosta.**  
**Fonte: Acervo pessoal (14/08/2012)**

#### 4.2.4 – Identificação do metal

##### – Análise visual

As colunas circulares apresentam superfície granulada (figura 4.72), devido aos moldes na fabricação, o que sugere se tratar de ferro fundido. Outra característica visual capaz de identificar o material é a constituição da coluna em uma peça única, fundida por inteiro, inclusive com capitel e encaixe para suporte. Para completar, as colunas de fuste circular são ocas, forma muito empregada em pilares desta natureza.



**Figura 4. 72: Aspecto da superfície granulada do ferro fundido.**  
Fonte: Acervo pessoal (25/07/2012)

As vigas são laminadas em seção "I", sendo aparentemente de ferro laminado ou aço, supostamente a segunda hipótese. Para melhor avaliação e definição torna-se necessária análise química e metalográfica do material que, entretanto, não foi realizada por impossibilidade da coleta de amostra. Descarta-se a possibilidade do ferro fundido nestes elementos, pois quando empregado possuía a parte inferior mais larga, para aumentar a resistência à tração, por ser um material pouco resistente a este esforço.

##### – Análise em laboratório

Durante levantamento de campo foi coletada amostra, na base de uma coluna fraturada, para análise química e metalográfica. A amostra foi retirada da coluna com capitel mais simplificado.

- **Localização da Amostra**

- Galpão 02

- Local: Base do Pilar

- Dimensão da amostra: 2,5 x 2,5cm



- Análise Química e Metalográfica

A composição química do metal foi obtida no Laboratório da VDL Siderúrgica, em Itabirito/MG, empregando-se “Espectrometria Óptica”. Conforme já descrito, o princípio da técnica está na queima da amostra por uma descarga elétrica (arco voltaico).

A Tabela 4.1 apresenta a composição química da Amostra. Para facilitar a análise, são colocados em destaque os valores de referência dos elementos significativos.

<b>Tabela 4. 1 - Composição química (% em massa) da amostra coletada em estruturas do Galpão 02 da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto.</b>											
Amostra	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	V	Ti	Sn	Fe
01	3,905	1,395	0,065	0,190	0,165	0,001	0,007	0,009	0,038	0,002	94,22

A análise da composição química indica que se trata de ferro fundido, devido ao alto teor de carbono, acima de 2%. Normalmente esse material apresenta boa resistência a compressão, porém é duro e, conseqüentemente quebradiço, com comportamento frágil. Segundo dados apontados por Colpaert (2008), trata-se de ferro fundido obtido em primeira fusão, também denominado ferro fundido bruto ou ferro gusa, pois o valor de carbono se encontra acima de 3,5%. Conforme Colpaert (2008) e Chiaverini (2008), o silício é o principal elemento do ferro fundido, depois do carbono, pois promove a decomposição da cementita ( $Fe_3C$  – carboneto), tornando o ferro fundido cinzento, sendo este o caso desta amostra. Já o manganês e o fósforo tendem a estabilizar a cementita.

Para uma completa conclusão e identificação do material foram realizados ensaios para revelar a estrutura cristalina (morfologia) do material. A amostra foi preparada, conforme procedimentos já mencionados, corte, embutimento em resina, desbaste elétrico e manual empregando-se lixas com diferentes granulometrias, polimento com alumina e pasta de diamante. A primeira análise foi feita sem ataque, para se verificar a presença da grafita. Depois a amostra foi atacada com Nital 2%, para revelar as fases e constituintes do material.

As imagens das fotomicrografias apresentam o aumento da lente indicada na legenda. As figuras 4.73 e 4.74 apresentam imagens metalográficas da amostra antes do ataque. Nota-se a presença de núcleos de grafita em partículas vermiformes, característica do ferro fundido

cinzento, tendendo para o tipo B, circundada por veios em disposição aproximadamente radial.



**Figura 4. 73: Fotomicrografia ferro fundido cinzento; Sem ataque; 400x**



**Figura 4. 74: Fotomicrografia ferro fundido cinzento; Sem ataque; 800x**

As figuras 4.75 e 4.76 ilustram a amostra depois do ataque. As imagens metalográficas mostram que o carbono se apresenta de duas formas: combinado ( $\text{Fe}_3\text{C}$  – carboneto - cementita) e carbono gráfico (grafita). A matriz, parte clara, é composta por grãos de ferrita, com baixo teor de carbono, formada por grãos poligonais de forma heterogênea. Os veios mais escuros são de cementita, que confere dureza e pouca ductilidade ao material. A parte escura, em lâminas, representa a perlita, que são lamelas de ferrita e cementita. O teor de silício supostamente é responsável pela decomposição de parte da cementita ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ), em ferrita e grafita, tornando o ferro fundido cinzento e menos duro.



**Figura 4. 75: Fotomicrografia ferro fundido cinzento; Ataque nital 2%; 400x**



**Figura 4. 76: Fotomicrografia ferro fundido cinzento; Ataque nital 2%; 800x**

### 4.3 - Cruzamento dos Dados Históricos e da Pesquisa de campo - Fábrica de Tecidos/ Ouro Preto

Os registros encontrados da antiga Companhia Industrial de Ouro Preto foram poucos e nenhum documento apresenta detalhes sobre a constituição física das instalações, exceção feita a Lloyd (1913) que registra que, à época, a Fábrica estaria sendo reformada. Foi encontrado apenas um registro iconográfico, datado de 1964, que retrata parte da volumetria da edificação, não sendo encontrada nenhuma imagem interna da construção. Sendo assim, de grande valia foram as informações fornecidas em entrevista pelo Sr. Fernando de Araújo, diretor da Fábrica no período de 1969 a 1976.

O remanescente da construção se tornou a principal fonte de informação das antigas instalações. O cruzamento de dados foi realizado a partir da única imagem iconográfica encontrada, das informações coletadas em campo, em pesquisa oral e através dos dados contemplados no projeto arquitetônico.



(a) Fonte: Fotografia Luiz Fontana - 1964



(b) Fonte: Fotografia Deise Lustosa - 2008



(c) Fonte: Acervo pessoal - 2012

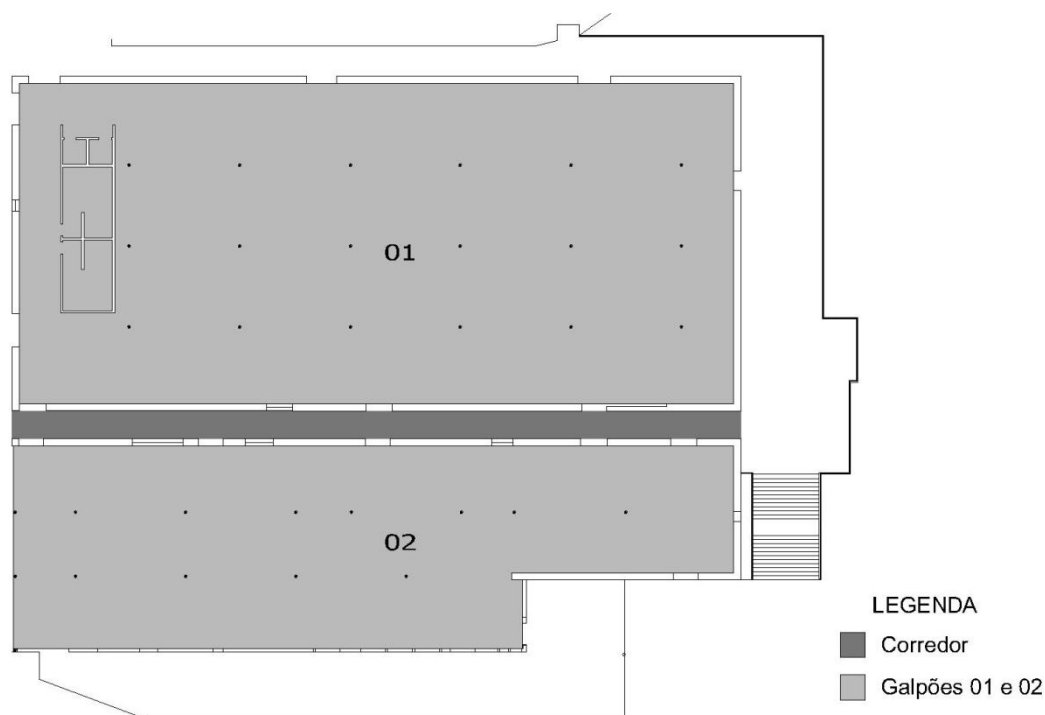
**Figura 4. 77: Quadro evolutivo da ocupação da Fábrica Tecidos de Ouro Preto**

A figura 4.77 apresenta um quadro evolutivo da ocupação do conjunto industrial da Fábrica de Tecido, sendo possível notar a grande perda volumétrica no conjunto das instalações. Parte das características de sua tipologia arquitetônica se perdeu em meio às intervenções ao longo

de sua trajetória, sendo possível considerar que os principais elementos construtivos preservados consistem da estrutura metálica e de sua conformação volumétrica marcada pela sequência e ritmo da cobertura em shed, que proporciona uma iluminação interna diferenciada.

A pesquisa oral (ARAÚJO, 2012) trouxe dados novos, e até então não registrados, que acabam por esclarecer algumas questões levantadas em campo. O partido arquitetônico retangular, interceptado por um longo corredor, figura 4.78, tinha uma razão de ser para o funcionamento da Fábrica, inicialmente abastecida pela força hidráulica gerada pela Cachoeira do Tombadouro. A localização de um eixo central, movimentado pelas turbinas, se tornava necessário para distribuição de eixos transversais, ao longo de todo o galpão, responsáveis por movimentar as polias das máquinas. Essa informação esclarece a lógica do partido arquitetônico.

A distribuição dos eixos estruturais favorece não apenas a construção metálica modular, mas também possibilita o funcionamento das atividades. Sendo assim, o modelo dos pilares, ultrapassa as questões estruturais, pois além de possuir capitel de apoio para as vigas, pressupõe encaixe para suporte dos eixos que recebem as polias, ou seja, mais uma vez a estrutura funciona como suporte do processo de trabalho.



**Figura 4. 78: Planta esquemática da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto.**  
**Fonte: Adaptado de projeto fornecido pela Prefeitura Municipal de Ouro Preto**

A modulação diferenciada das colunas observada em levantamento de campo do galpão 02 foi esclarecida também em pesquisa oral (ARAÚJO, 2012), que descreve uma obra realizada em meados dos anos 70, quando teriam sido eliminadas algumas colunas intermediárias para aumento dos vãos. Essa informação justifica as diversas emendas, executadas com chapas parafusadas, existentes nas vigas dos dois galpões. Em levantamento de campo foram observados dois modelos de colunas, sendo um mais simplificado, existente no galpão 02 (figura 4.19). Esta questão permanece obscura, pois estas colunas podem ter sido inseridas em momento posterior, ou mesmo, ser o modelo empregado nos pontos intermediários.

Conforme relatado por Araújo (2012), as obras foram necessárias para acomodação de novas máquinas, sendo assim, precisava-se aumentar os vãos, reduzindo o número de pilares. A solução encontrada para reduzir carga e permitir a supressão de alguns pilares foi a substituição das telhas cerâmicas francesas. Esta informação é extremamente útil, pois comprova a real necessidade de reforços estruturais, tendo em vista a atual recomposição da cobertura com telhas francesas.

Dentro da metodologia estabelecida é de fundamental importância análise e cruzamento dos dados, para melhor compreensão dos objetos selecionados, a fim de se estabelecer "juízo de valor", base para uma futura proposta de conservação e manutenção das estruturas existentes. A partir destas análises, será possível uma "tomada de decisão" mais consciente e responsável, em se tratando de Bens de Interesse Patrimonial.

### **5.1 – Análise Comparativa do Sistema Construtivo e da Tipologia Arquitetônica**

A partir do conhecimento da História da Arquitetura do Ferro, esta etapa consiste no estabelecimento de modelos comparativos e análises dos sistemas estruturais e das tipologias arquitetônicas encontradas.

#### **5.1.1 - História da Arquitetura do Ferro**

A história do ferro é muito antiga. Na China é possível encontrar registro de produção do ferro fundido desde o século VI A.C. e da fabricação do aço desde o século II A.C., adquirindo as suas siderúrgicas aspectos desenvolvidos desde a era cristã (KÜHL, 1998).

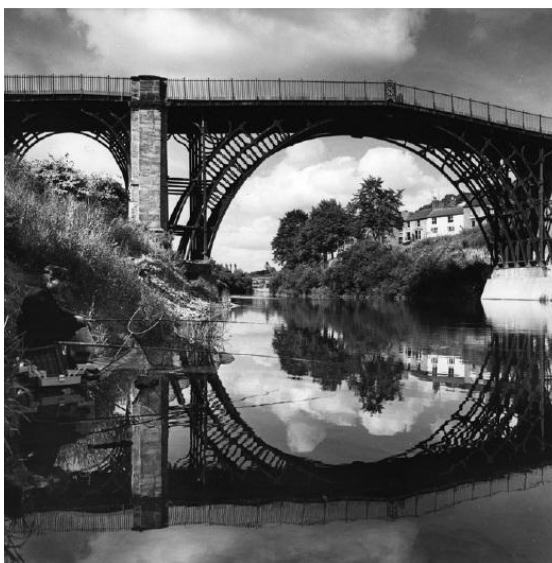
Segundo Kühl (1998), no ocidente a utilização do ferro em larga escala somente ocorreu na segunda metade do século XVIII, após a Revolução Industrial. A metalurgia do ferro, apesar de conhecida na Europa desde o século XV A.C. foi durante décadas utilizada de forma rudimentar. No século XIII D.C. com a utilização da força hidráulica foi possível aumentar a produção e fabricar peças maiores e mais pesadas. Acredita-se que este foi fator condicionante para a evolução da arquitetura gótica. No final do século XV, o ferro fundido obtido no alto-forno torna-se produto da primeira fase do processo, sendo posteriormente transformado em ferro doce, através do processo de descarburização. Mas foi na Inglaterra, após Darby desenvolver em 1709 uma técnica para substituir o carvão vegetal pelo coque - e somando-se a isso, a produção do ferro fundido de segunda fusão em forno de revérbero -, que o ferro passa a ter grande emprego na construção. A utilização do coque tem como vantagem, em relação ao carvão vegetal: custo mais baixo, obtenção de temperaturas mais altas e conseqüentemente, moldagem mais fina e precisa.

A Revolução Industrial na Europa provocou um crescimento desenfreado das cidades e o período foi marcado por uma crise de valores plásticos em busca de unidade estilística. A produção arquitetônica baseou-se no historicismo, havendo uma superposição de várias

correntes estilísticas. A evolução dos processos industriais favoreceu a introdução de materiais industrializados na construção (KÜHL, 1998).

Kühl (1998) destaca que o ferro passou por evolução no processo de produção, sendo inicialmente utilizado o ferro fundido e posteriormente o ferro doce, que poderia ser forjado, laminado ou prensado. Posteriormente, com a evolução no processo de fabricação, o aço substituiu o "ferro doce". Somam-se a essas questões a evolução nos estudos de resistência dos materiais, da estática e métodos de cálculo, que levaram ao desenvolvimento no emprego arquitetônico, de forma a explorar o material nas suas propriedades técnicas e estéticas, adquirindo valor simbólico a partir de uma renovação na linguagem arquitetônica.

O primeiro metal a ser utilizado na construção foi o ferro fundido e, como exemplo, podemos citar a ponte de Coalbrookdale, figura 5.1, construída sobre o Rio Severn, na Inglaterra em 1779, em forma de arco para vencer um vão de 30 metros (PFEIL, 2009).



**Figura 5. 1: Ponte de Coalbrookdale**  
**Fonte: John Gay. Apud GUEDES (2010)**

Em referência à mesma ponte, Kühl (1998) descreve:

“O material trabalhava essencialmente a compressão, que proporciona seu melhor desempenho, sendo sua resistência à tração relativamente baixa. A concepção estrutural da obra era semelhante à de pontes de pedra e a junção das partes foi baseada em técnicas de construção de tesouras de madeira. A solução era, de certa maneira, consequência natural de derivações de métodos construtivos tradicionais, uma vez que a pedra era empregada, em geral, de modo a trabalhar fundamentalmente a compressão.”

Com o surgimento e evolução das ferrovias a partir de 1830, houve necessidade de se evoluir na produção e execução de pontes metálicas, após ocorrência de desabamentos devido à falta de elasticidade do ferro fundido, e as pontes tornaram-se objetos de experimentação. O ferro foi também empregado como solução de grandes coberturas de edifícios. Segundo Kühl (1998) o ferro fundido no final do séc. XVIII esteve limitado a certos programas, ou era utilizado pela grande resistência à compressão e por sua característica de incombustibilidade. Muitas edificações na Europa sofreram intervenção, com o objetivo de substituir materiais inflamáveis pelo ferro. Surgiram tratados e pesquisas foram realizadas, e o emprego do ferro passou por melhorias no processo de fabricação e desenvolvimento de cálculos, sendo possível adquirir uma melhor expressividade formal e desvincular gradativamente de técnicas provenientes dos materiais tradicionais.

Kühl (1998), descreve que a terceira década do século XIX foi marcada pela expansão ferroviária na Europa e EUA, surgindo assim uma nova tipologia arquitetônica: as estações de trem.

As primeiras construções altas, edificadas no final do século XVIII e início do XIX, foram as fiações. Construídas com paredes externas em alvenaria de tijolos, que garantiam sua estabilidade, empregavam o ferro fundido internamente nas colunas de suporte, que sustentavam abobadilhas de tijolos, consolidadas por peças metálicas, apoiadas em vigas, inicialmente de madeira, substituídas em projetos posteriores por ferro fundido (KÜHL, 1998).

Segundo Kühl (1998), a fábrica de fiação de Charles Bage (figuras 5.2 e 5.3) teria sido a primeira edificação totalmente "incombustível", construída por volta de 1796/1797 em Ditherington (Shrewsbury, Inglaterra), com paredes de alvenaria, piso em abobadilhas de tijolos e estrutura interna com colunas cruciformes e vigas de ferro fundido. Fato também é descrito em Santos (1961) e Guedes (2010).

Em 1801 é construída a Salford Twist Mill, Fábrica de Philips & Lee, em Manchester, (figuras 5.4 a 5.7), projetada por Boulton & Watt, com paredes perimetrais em alvenaria e interior estruturado em colunas de ferro fundido de seção circular vazada e vigas em "T", com mesa para baixo, como vigotas que recebem abobadilhas de tijolos ocos de argila. (SANTOS, 1961; BOLTSHAUSER, 1972). Também mencionado por Silva (1986), Guedes (2010) e Kühl (1998), que destaca ser este o primeiro edifício a utilizar colunas de ferro fundido cilíndricas e ocas.



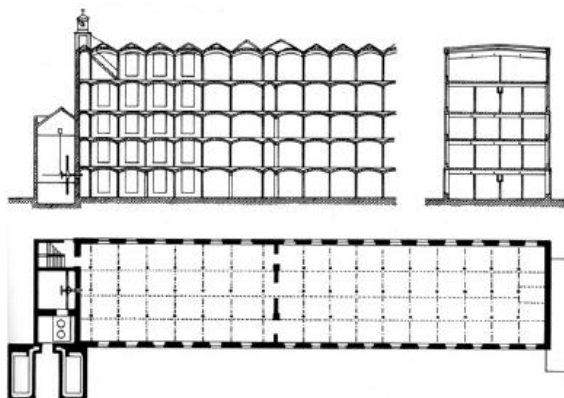


Figura 5. 2: Planta e Corte da Fábrica de Fiação em Ditherington, Shrewsbury, Inglaterra, 1796/1797. Fonte: AW Skempton & HR. Johnson. 'The First Iron Frames.' *Architectural Review*, v. 131, 1962, p. 181. Apud GUEDES (2010)



Figura 5. 3: Vista interna da Fábrica de Fiação em Ditherington, Shrewsbury, Inglaterra, 1796/1797. Fonte: GUEDES (2010)

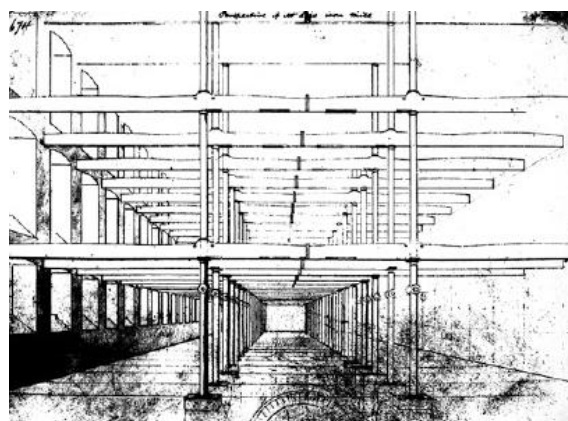


Figura 5. 4: Salford Twist Mill, 1801. Fonte: Jennifer Tann. *The Development of the Factory*. London: Cornmarket Press, 1970. Apud GUEDES (2010)

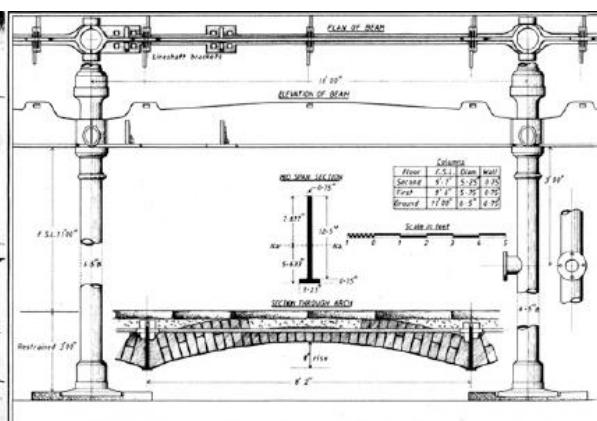


Figura 5. 5: Salford Twist Mill, 1801. Fonte: RS Fitzgerald. *Development of cast iron frames*. *Industrial Archaeology Review*, v. 10, 1988. Apud GUEDES (2010)

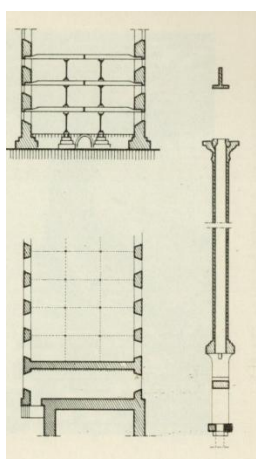


Figura 5. 6: Estrutura da Fábrica Philips & Lee, em Salford, Manchester, 1801. Fonte: SANTOS (1961).

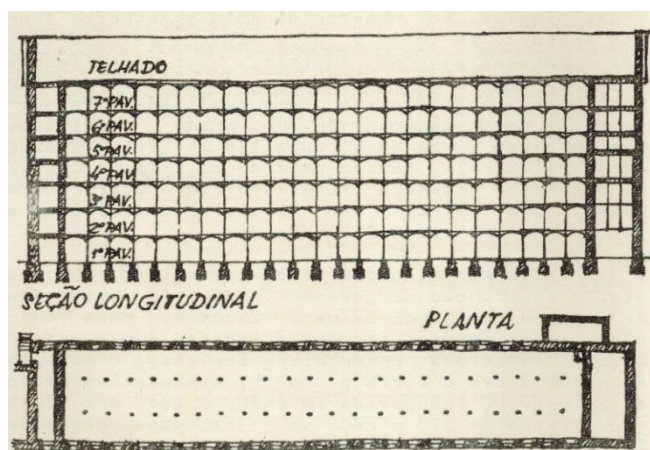


Figura 5. 7: Planta e Seção longitudinal Fábrica Philips & Lee, em Salford, Manchester, 1801. Fonte: BOLTSCHAUER (1972).

Esse modelo de estruturas híbridas é repetido por toda Europa e restante do mundo, sendo inovado em 1845 pelo engenheiro William Fairbairn, na construção de uma refinaria, onde a viga em ferro fundido foi substituída por um perfilado em seção "H" de ferro forjado e as abobadilhas abatidas foram executadas com molde em chapa de concreto com enchimento de concreto, novo material proveniente da invenção do cimento Portland (SANTOS, 1961), também citado em Boltshauser (1972).

Segundo Pfeil (2009) a utilização do ferro forjado já podia ser verificada, mesmo que em menor escala a partir do final do século XVIII. Em meados do século XIX o ferro forjado já era preferível ao ferro fundido por proporcionar maior resistência. Eram comuns edifícios com vigas em perfis de ferro laminado, sustentadas por colunas de ferro fundido.

Kühl (1998) registra a evolução do emprego do ferro nas coberturas. Inicialmente os sistemas estruturais eram similares às técnicas construtivas de tesouras de madeira e as construções eram concebidas de forma tradicional, sendo constituída por duas partes: a primeira composta pelos fechamentos e suportes verticais (colunas) e a segunda, denominada superestrutura, constituída pela cobertura. Os elementos verticais suportavam a carga da cobertura. Cloquet<sup>23</sup> em *Traité d'Architecture* destaca que as inovações ocorreram nos pavilhões de exposição e nas estações de trem e ressalta que durante muitos anos as construções metálicas receberam formas típicas das construções de alvenaria ou madeira.

Kühl (1998) descreve que inicialmente a madeira foi substituída pelo ferro em tesouras concebidas por Polonceau em 1837, fato também citado em Benevolo (2004). O sistema foi modificado pela multiplicação de pendurais e escoras, em uma estrutura arqueada de treliça, que poderiam receber tirantes e contrafortes para equilibrar as resultantes horizontais. Ainda segundo a autora, Cloquet considerava que a solução mais apropriada seria tornar a tesoura solidária ao suporte vertical, constituindo um elemento único, em um suporte curvo com apoio direto ao solo, como no modelo adotado na Estação de Pancras em Londres, vencendo até então o maior vão, com 73 metros. Essa solução foi aperfeiçoada na Galeria de Máquinas da Exposição de Paris de 1878, que consegue equilibrar as forças na fundação, eliminando o tirante horizontal. Na Exposição de Paris em 1889, mais uma inovação foi introduzida com o

---

<sup>23</sup> L. Cloquet, *Traité d'Architecture*, 5 vols., Paris, Librairie Polytechnique, 1898-1901, v.5, pp. 271-275; apud Kühl (1998).

emprego das estruturas articuladas em oposição às estruturas rígidas, vencendo um vão de 115 metros.

Regulamentações surgiram na Inglaterra, como a de 1844, que impedia a utilização de peças metálicas sem revestimento, para prevenção contra incêndios (KÜHL, 1998).

O século XIX na Europa foi marcado por ideais contraditórios, entre a corrente eclética, historicista, em geral praticada pelos arquitetos, e a corrente dita racionalista, que buscava uma arquitetura própria para a época, explorando as potencialidades dos novos materiais. Esta última foi marcada pela atuação dos engenheiros, que dominavam os avanços científicos da construção, sendo considerados os responsáveis pelas grandes inovações tecnológicas do período. As obras em metal eram neste período consideradas “utilitárias”. A Exposição de 1889 em Paris divulga o uso do metal, que foi escolhido pela rapidez na montagem e economia. Como exemplo temos a Torre Eiffel, construída para esta exposição, e que acabou se firmando como símbolo de Paris. Mas foi com a cooperação entre engenheiros e arquitetos que foram criadas grandes obras (KÜHL, 1998).

Apesar de conhecido desde a antiguidade, o aço não estava disponível por questões de custos e meios de fabricação. Em 1856, o inglês Henry Bessemer inventou um forno, que recebeu seu nome, um conversor que produzia aço a partir do ferro fundido. Em 1864 outro procedimento foi desenvolvido na França, o Siemens-Martin, com maior capacidade de produção. Por volta de 1880 foram criados os laminadores para barras (PFEIL, 2009).

Com relação ao emprego dos materiais, Silva (1986) descreve que durante o final do século XVIII e início do XIX se utilizou exclusivamente o ferro fundido, e que posteriormente passou-se a não haver uma uniformidade. E completa: "Assim, não são raros os casos em que coexistem o ferro fundido, o ferro perfilado e até mesmo o aço, de acordo com as solicitações estruturais das diferentes peças, num mesmo edifício."

Segundo Kühl (1998), os ingleses Thomas e Gilschrist aperfeiçoaram o sistema Bessemer.

A substituição do ferro laminado pelo aço ocorreu de forma gradual e somente na última década do século XIX ele realmente se estabelece. Essa nova tecnologia proporcionou mudanças significativas na arquitetura do ferro. Somado a essa questão, o surgimento da solda, como meio de ligação, conduziu a profundas mudanças, com a possibilidade de obtenção de peças contínuas. Após a Primeira Guerra Mundial, embora o processo de

produção seja bastante conhecido, o aço praticamente deixou de ser empregado pelos modernistas, com algumas poucas exceções (KÜHL, 1998).

Com o passar do tempo percebeu-se que apesar do ferro ser um material incombustível, poderia deformar-se bastante sob temperaturas elevadas e conduzir a estrutura ao colapso, problema que tem gerado várias pesquisas sobre o tema.

A fase que compreende a chamada “Arquitetura do Ferro” contribuiu de forma significativa para evolução dos métodos construtivos e renovação da linguagem formal arquitetônica, constituindo uma herança ainda mais significativa devido aos poucos exemplares existentes.

### **- Arquitetura do Ferro no Brasil**

A Arquitetura do ferro existente no Brasil foi praticamente importada, devido ao pouco desenvolvimento da siderurgia no país até a Segunda Guerra Mundial. A vinda da Família Real para o Rio de Janeiro em 1808, fugindo de Napoleão, amplia as relações comerciais com a Europa, principalmente com a Inglaterra, época em que ocorreu a “Abertura dos Portos para as Nações Amigas”, acabando com o monopólio português sobre a antiga colônia. Entre outras ações houve importação de materiais de construção industrializados. A cidade do Rio de Janeiro passa por profundas mudanças e modernização. Posteriormente, em meados do século XIX, o Brasil também estabelece relações com Alemanha, França e Bélgica. Nesta mesma época inicia-se o desenvolvimento ferroviário no país. Esse quadro acaba por gerar o crescimento e desenvolvimento de muitas cidades, o que desencadeou a necessidade de novas instalações (KÜHL, 1998).

Reis Filho (1970) em seu livro *Quadro da Arquitetura no Brasil*, descreve:

“As novas condições de transporte, criadas com a instalação das ferrovias e linhas de navegação fluvial, vieram permitir o aparecimento de um fenômeno completamente novo na arquitetura: os edifícios importados, produzidos pela indústria. Fabricados nos países europeus, vinham desmontados, em partes, nos porões dos navios. A importação era completa, pois compreendiam de estruturas e vedações até coberturas, escadas e peças de acabamento, que eram aqui montadas, conforme as instruções e desenhos que as acompanhavam.”

Kühl (1998) relata que a importação da arquitetura de ferro no Brasil não ocorreu em grandes proporções, e em geral eram destinadas às cidades de maior crescimento econômico no período, como Rio de Janeiro e São Paulo. Também merecem destaque as construções

existentes em Belém, Fortaleza e Manaus. Em se tratando de tipologia construtiva, o mercado público foi o tipo de edificação mais comum de ferro aparente empregado no país.

Em Minas Gerais, estado que será foco deste trabalho, o seu maior emprego foi na Arquitetura Ferroviária (KÜHL, 1998). Embora a arquitetura do ferro não se revele em grande quantidade, considerando o número de construções neste período, elas foram significativas e por vezes expressivas, sendo assumidas como tradução de modernidade.

Mas vale destacar que as obras que conseguiram romper com o historicismo reinante e explorar as potencialidades estéticas e formais do ferro foram exceção na produção arquitetônica do período. Essa constatação também é válida para edificações industriais que, segundo KÜHL (1998), *“feitas segundo os princípios racionais que as instalações, os métodos de produção e o próprio emprego do ferro exigiam, foram responsáveis por certa renovação formal na cidade”*.

Certamente foi abundante o emprego da estrutura metálica nas instalações industriais. Entretanto, o emprego mais comum foi em sistema construtivo "mistos", utilizando de colunas metálicas, vedação em alvenaria e cobertura em estrutura metálica ou mesmo utilizando de paredes estruturais e cobertura metálica (KÜHL, 1998). Assim, embora seja possível identificar vasto emprego do ferro, é evidente que não houve rompimento com as técnicas construtivas tradicionais, com emprego de tijolos, pedra e madeira.

Como bem destaca Kühl (1998), a respeito desta tipologia construtiva:

“Em muitos exemplares da arquitetura do ferro houve a quase separação entre as atividades do engenheiro e as do arquiteto, entre a parte “utilitária”, na qual o metal, às vezes, era empregado segundo renovadas concepções estáticas, mas nem sempre consideradas, na época, estéticas, e a parte construída com materiais tradicionais, muitas vezes pesadamente historicista, com pretensões simbólicas. O metal recebeu, em algumas ocasiões, roupagem estilística que era mais “aceitável” para os padrões do período.”

### **- Exportação dos pré-fabricados**

As estruturas metálicas na Europa passaram a ser produzidas também para exportação. A natureza do processo de fabricação, associada à facilidade de transporte e montagem das peças, foram condicionantes para a pré-fabricação de componentes e até mesmo de

edificações completas. Catálogos de metalúrgicas apresentavam grandes variedades e tipologias arquitetônicas, entre elas galpões industriais, podendo o cliente escolher um edifício pronto ou compor com peças variadas. Entre os produtores das chamadas “portable buildings” e “exported buildings” destacam-se a Grã-Bretanha, França, Alemanha e Bélgica e este comércio foi significativo a partir da segunda metade do século XIX. Essas edificações supriam uma demanda de necessidade de rapidez e produção em larga escala, em locais ainda não atendidos por produção siderúrgica significativa. Além das vantagens oferecidas pelo tipo de estrutura, o custo não era alto e o transporte em navio era relativamente barato (KÜHL, 1998).

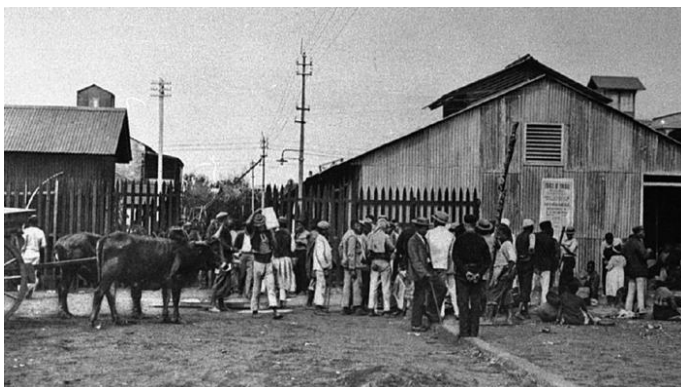
Por questões operacionais, este comércio de estruturas importadas, supostamente, também veio suprir uma necessidade de edificações com sistema estrutural suficiente para vencer grandes vãos, como no caso dos galpões industriais.

Kühl (1998) descreve que as inovações técnicas e evolução das exportações conduziram a produção de novos materiais como as chapas de ferro corrugado feitas a partir do laminado, que foram produzidas comercialmente a partir de 1820 e patenteadas pelo engenheiro Henry R. Palmer. As placas de ferro corrugado poderiam ser empregadas em coberturas e paredes. O processo de fabricação foi inovado pelo engenheiro John Spencer em 1844.

Segundo Silva (1986), as chapas onduladas predominaram nos edifícios em ferro do século XIX. A descoberta do processo de ondular as chapas em pequenas curvaturas permitiu seu emprego em qualquer dimensão, visto que as emendas poderiam ser feitas em qualquer ponto. Muitas eram as vantagens no emprego do material como a rapidez de montagem, a resistência, a leveza, a impermeabilidade e a invulnerabilidade a térmitas, que somados aos avanços com o processo de galvanização, adquiriu durabilidade conferida pela proteção à corrosão. Em 1837, surgiram diversas patentes de processo de galvanização na Inglaterra e França, mas o primeiro registro de cobertura com telha ondulada na Inglaterra data de 1843. Desde 1850, ingleses e franceses mantêm comércio deste material com suas colônias e países subdesenvolvidos. O clima se tornou o grande desafio no emprego das placas onduladas, o que não impediu a utilização da mesma em diversos tipos de edificações, desde residências a igrejas, atendendo às mais diversas necessidades funcionais.

As chapas onduladas galvanizadas representaram um grande avanço na pré-fabricação de edifícios, de forma notável em situações especiais quando se precisava construir rapidamente

em local onde não se dispunha de material e mão de obra. Esse material foi muito utilizado nas cidades que surgiram na África do Sul e América do Norte com a mineração do ouro. Outra característica importante, que apontava os edifícios pré-fabricados como solução para destinações como a mineração, seria a possibilidade de desmonte da estrutura, o que possibilitaria o transporte da construção, caso houvesse êxodo para um outro local de extração (SILVA, 1986). As figuras 5.8 e 5.9 são exemplos do emprego de construções pré-fabricadas com emprego de chapas onduladas, em Lourenço Marques, atual cidade de Maputo (Moçambique) e em Pilgrim's Rest (África do Sul).



**Figura 5. 8: Construção do primeiro mercado da cidade de Lourenço Marques, 1890.**

**Fonte: J&M Lazarus. A Souvenir of Lourenço Marques: An Album of Views of the Town, Lourenço Marques: Tobler & Co., c. 1901. Apud GUEDES (2010)**



**Figura 5. 9: Pilgrim's Rest – África do Sul. Fonte: GUEDES (2010).**

Em Joanesburgo, maior cidade da África do Sul, o ouro foi descoberto em 1886 e com a expansão da mineração, ocorre larga importação de edificações industriais. O ferro ondulado foi o material preferido para telhados e em muitos casos para as paredes de edifícios. A empresa Armstrong & Main, Ltd., com sede em Londres e Glasgow (Escócia) pode ser citada como uma das fabricantes de diversas estruturas de aço, apresentando-se como especialista na fabricação de construções típicas para indústria de mineração de ouro (GUEDES, 2010).

Outra inovação tecnológica foi o sistema de paredes duplas formadas por chapas galvanizadas estampadas, proposta em um concurso pelo belga Joseph Danly. Em 1887 Danly propõe uma inovação do sistema permitindo circulação de ar entre as placas. É possível encontrar edifícios dessa natureza no Brasil. A América Latina manifestava sua dependência cultural e econômica através de transposição de modelos europeus, durante os séculos XIX e XX, sendo que este intercâmbio muitas vezes acontecia como desejo de “europeização” (KÜHL, 1998).

### **5.1.2 – Cruzamento entre os Objetos de Estudo e a História da Arquitetura do Ferro**

A História demonstra que evolução e desenvolvimento decorrentes da Revolução Industrial não aconteceram de forma simultânea em todas as regiões do mundo. A industrialização no Brasil começa a se desenvolver a partir do final do século XIX e repercute no aumento do número de estabelecimentos industriais. As estruturas metálicas que gradativamente passam a ser empregadas nas instalações industriais são em geral importadas, em decorrência de uma siderurgia ainda pouco desenvolvida.

As estruturas apresentadas neste trabalho foram selecionadas por amostragem, dentro de um recorte temporal e regional, tendo sido possível coletar modelos variados dos sistemas estruturais e materiais empregados durante o final do século XIX e início do século XX. Não se pretendia abranger a variedade de modelos empregados, mas estabelecer exemplos significativos que pudessem guiar futuras intervenções. Os objetos foram estudados de forma a estabelecer um diagnóstico preciso, abrangendo seu histórico, descrição tipológica e estado de conservação.

A partir do entendimento dessas diversas esferas foi estabelecido o cruzamento entre os objetos e as informações obtidas em revisão de literatura, de forma a classificar os diversos sistemas estruturais e materiais empregados, estabelecendo um quadro comparativo, para melhor compreensão destes exemplares dentro da História da Arquitetura do Ferro.

Nos modelos encontrados (Tabela 5.1) prevalecem os empregos tradicionais<sup>24</sup> dos elementos verticais e tesouras de cobertura, em conformações variadas. Conforme visto na revisão de literatura, os avanços tecnológicos da época e os estudos de aplicação do ferro, possibilitaram a evolução da aplicação deste material, em modelos diferenciados onde o suporte vertical e a tesoura da cobertura se apresentavam de forma solidária, como um único elemento estrutural. Este estudo não contempla exemplar deste natureza, porém pode-se notar casos de associação engastada em seus vínculos, formando um pórtico rígido, em uma relação que embora seja realizada por elementos distintos, também proporciona uma relação "solidária" entre os elementos.

---

<sup>24</sup> Cloquet em *Traité d'Architecture* destaca que durante muitos anos as construções metálicas receberam formas típicas das construções de alvenaria ou madeira. As construções mantinham a concepção tradicional dos elementos verticais, sejam eles paredes ou colunas, cabendo a estas partes sustentar a superestrutura, composta pela cobertura (L. Cloquet, *Traité d'Architecture*, vols., Paris, Librairie Polytechnique, 1898-1901, v.5, pp. 271-275; apud KÜHL, 1998).



Os antigos galpões da Belgo Mineira possuem estrutura híbrida, recebendo tesoura de madeira em sua cobertura, em composição estrutural conforme modelo 01, elaborada com duas linhas, sendo uma alta para conformação do lanternin destinado à ventilação, e peças de travamento como "mão francesa" para combater os empuxos do telhado, em uma composição singular, porém baseada em métodos tradicionais.

As tesouras metálicas existentes nas instalações da Belgo foram concebidas segundo a lógica estrutural em madeira, tipo "tesoura inglesa", apresentando pendurais ligados por escoras oblíquas, ainda em uma configuração triangular e banzo inferior em linha. O modelo 02, confeccionado com cantoneiras unidas por rebites, foi empregado nos galpões da Aciaria, ainda existente nas tesouras remanescentes. A mesma configuração (modelo 03) é repetida mais tarde na cobertura do vão da ponte rolante, sendo composta por tesouras fixadas por rebites na década de 1950 e por solda na década 1960. Observa-se que, em ambos os casos, a estrutura do lanternin é apoiada sobre as pernas da tesoura.

Nos galpões mais antigos da Mina de Morro Velho, instalados no final do século XIX e início do XX, destacam-se os modelos 04 e 05, tesouras concebidas por duas pernas e uma linha quebrada horizontal, interligadas por tirantes oblíquos, cujo modelo, tipo "Polonceau", é indicado por Kühl (1998) como a forma inicial do emprego do ferro nas estruturas de cobertura. O lanternin também aparece presente nestes exemplares.

O modelo 06 representa uma das tesouras da cobertura em shed, das instalações da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto. A estrutura em tesoura triangular é formada por cantoneiras dispostas em pendurais e escoras oblíquas. A conformação da cobertura proporciona iluminação e ventilação no interior de toda edificação.

O galpão A da Oficina Mecânica, assim como o galpão A do Almoarifado/Antiga Fábrica de Cadinhos, possuem tesouras similares às empregadas na cobertura da Boca da Mina (modelo 07). Constituída por perfis compostos em chapas e cantoneiras de ferro laminado pudlado, possuem apoio fixo engastado em console do pilar, sendo esta uma configuração que, apesar de formada por elementos originalmente independentes, foram associados de forma a se comportar como um pórtico rígido, sendo todo o conjunto travado por vigas transversais que interligam as tesouras, através de seus montantes. Esse modelo se caracteriza pela composição de peças e multiplicação dos montantes e diagonais, sendo o banzo inferior alteado. Essa

configuração geralmente era empregada como solução das estruturas em perfis compostos de ferro laminado<sup>25</sup>, conectados por rebites em oficinas.

O modelo 08 apresenta a viga tipo "vagão"<sup>26</sup>, composta por cabos e montante, em uma conformação triangular, com largo emprego nas alas laterais das antigas construções, como no galpão D da Oficina Mecânica (Oficina de Montagem) e no Galpão da Elétrica.

A estrutura utilizada para cobertura do galpão B do Almojarifado (modelo 09) emprega como tesoura também a viga "vagão", composta por barra horizontal, dois montantes e cabos, em uma conformação trapezoidal. Esse tipo de estrutura também é encontrada na ala lateral do galpão C da Oficina Mecânica.

O modelo 10 representa a treliça utilizada no galpão B da Oficina Mecânica, composta por montantes e diagonais em um sistema de treliça plana formada por cantoneiras, com banzo inferior alteado. A ligação funciona como um engaste, o que confere solidariedade ao conjunto que comporta-se como um pórtico rígido.

A cobertura da Fundação Ferro e Bronze (modelo 11), também se apresenta como treliça plana engastada nos pilares. A tesoura executada com cantoneiras é formada por banzo inferior alteado e dotada de pendurais e escoras oblíquas. A estabilidade do conjunto é garantida por contraventamentos na cobertura e emprego de vigas treliçadas transversais. A ala lateral recebe viga tipo "vagão", porém o banzo inferior parece dar continuidade ao sistema estrutural do galpão principal.

A estrutura da cobertura do prédio da Modelagem (modelo 12), retoma a idéia dos tirantes e da linha quebrada horizontal, fazendo uma releitura das tesouras tipo "Polonceau" porém com a conformação de uma treliça, com pendurais e diagonais em cabos.

---

<sup>25</sup> Segundo revisão de literatura, a partir de meados do século XIX, passou a circular no mercado perfis laminados em U, T ou I, além de chapas que, unidas por rebites, adquiriram as mais diversas configurações, substituindo as peças fundidas. Os perfis compostos eram unidos no canteiro de obras por perfis em L parafusados (KÜHL, 1998).

<sup>26</sup> Viga vagão: assim denominada por ter servido como sistema estrutural de sustentação de vagões de trens. Sistema composto por barra horizontal, montantes e cabos, sendo que com um único montante possui forma triangular e com dois forma trapezoidal, tendendo a uma parábola. O empuxo horizontal é absorvido pela própria viga, resultando apenas em cargas verticais nos apoios (REBELLO et al, 2004).

**Tabela 5. 1: Quadro comparativo tesouras**

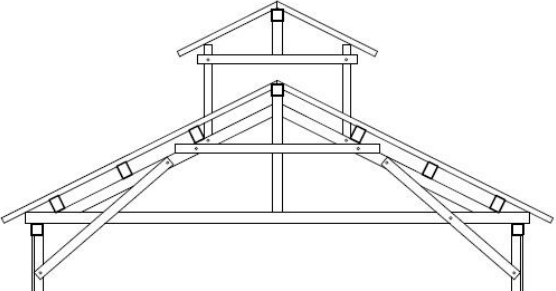
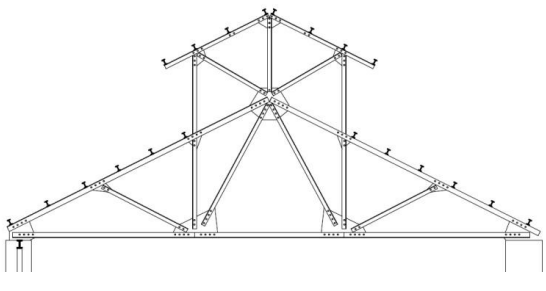
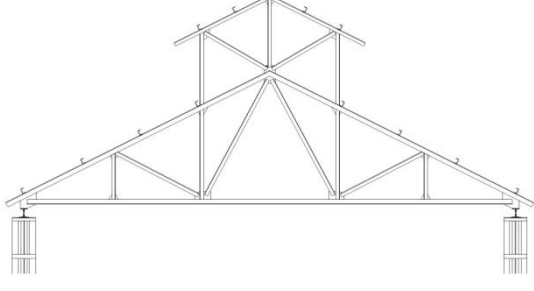
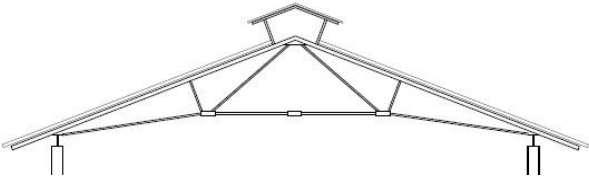
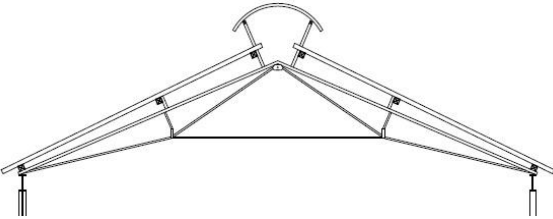
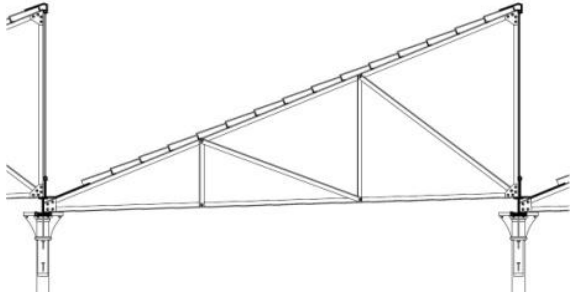
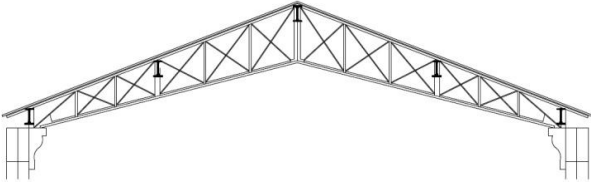
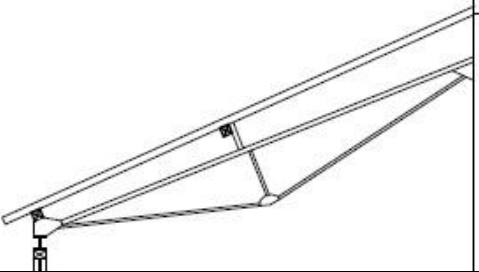
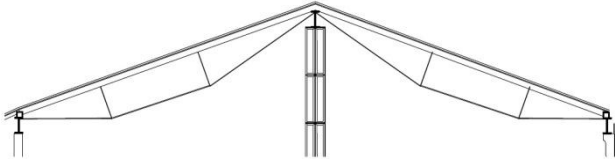
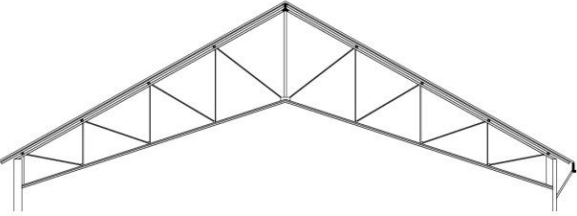
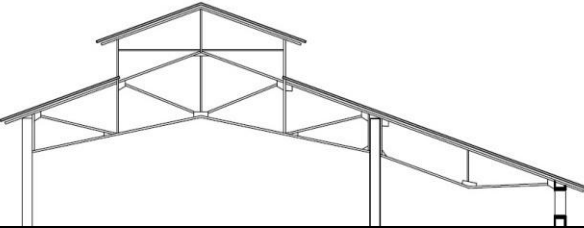
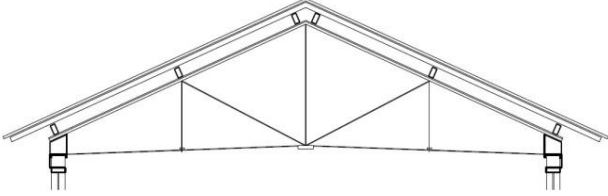
		
<p><b>Modelo 01:</b> Tesoura em madeira com lanternin.            Características: Estrutura de madeira, com desenho singular, duas linhas, sendo uma alta e mão francesa para combater empuxo.            Local: Galpões Fundação, Oficina e Modelagem - Belgo Mineira.            Fonte: Levantamento de campo</p>	<p><b>Modelo 02:</b> Tesoura metálica com lanternin.            Características: Formada por cantoneiras, fixadas por rebites. Segue mesma lógica estrutural da madeira.            Local: Remanescente Aciaria Belgo Mineira.            Fonte: Levantamento de campo</p>	<p><b>Modelo 03:</b> Tesoura metálica com lanternin.            Características: Formada por cantoneiras, fixação com rebites e solda. Segue mesma lógica estrutural da madeira.            Local: Cobertura Vão ponte rolante - Belgo            Fonte: Levantamento de campo.</p>
		
<p><b>Modelo 04:</b> Tesoura metálica tipo "Polonceau" com lanternin.            Características: Duas pernas e uma linha quebrada horizontal, interligadas por tirantes oblíquos. Primeiro modelo empregado em ferro.            Local: Oficina de Montagem - Morro Velho.            Fonte: Levantamento AngloGold (2006).</p>	<p><b>Modelo 05:</b> Tesoura metálica tipo "Polonceau" com lanternin.            Características: Duas pernas e uma linha quebrada horizontal, interligadas por tirantes oblíquos. Primeiro modelo empregado em ferro.            Local: Galpão da Elétrica - Morro Velho.            Fonte: Levantamento AngloGold (2006).</p>	<p><b>Modelo 06:</b> Tesoura metálica em shed.            Características: Tesoura triangular, formada por cantoneiras dispostas em pendurais e escoras oblíquas.            Local: Fábrica Tecidos - Ouro Preto            Fonte: Prefeitura de Ouro Preto.</p>

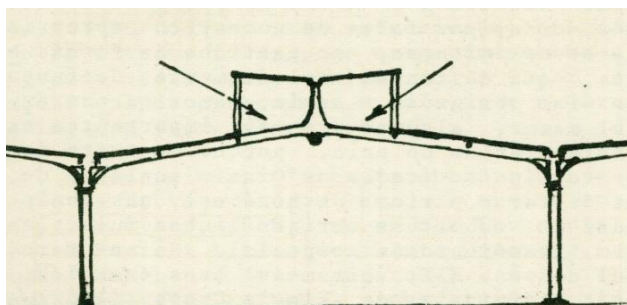
Tabela 5.1: Quadro comparativo tesouras (continuação)

		
<p><b>Modelo 07:</b> Tesoura metálica treliçada. Características: Formada por perfis compostos, em chapas e cantoneiras, de ferro pudlado, unidos em oficina através de rebites. Ligação engastada nos apoios. Locais: Galpão A1 Mecânica, Galpão A Almojarifado e Galpão Principal Boca da Mina - Morro Velho. Fonte: Levantamento AngloGold (2006)</p>	<p><b>Modelo 08:</b> Tesoura metálica tipo vagão triangular. Características: Sistema composto por barra horizontal, montante e cabos, em forma triangular. Empuxo horizontal absorvido pela viga. Locais: Galerias laterais - Galpão da Elétrica e Galpão D da Oficina Mecânica (Oficina de Montagem) - Morro Velho. Fonte: Levantamento AngloGold (2006).</p>	<p><b>Modelo 09:</b> Tesoura metálica tipo vagão trapezoidal. Características: Sistema composto por barra horizontal, dois montantes e cabos, com forma trapezoidal. Empuxo horizontal absorvido pela viga. Locais: Galpão B Almojarifado e ala lateral do Galpão C da Oficina Mecânica - Morro Velho. Fonte: Levantamento AngloGold (2006)</p>
		
<p><b>Modelo 10:</b> Tesoura metálica treliçada. Características: Formada por cantoneiras fixadas com rebites e parafusos. Ligação engastada nos pilares de apoios. Local: Galpão B Oficina Mecânica - Morro Velho. Fonte: Levantamento AngloGold (2006).</p>	<p><b>Modelo 11:</b> Tesoura metálica treliçada com lanternim. Características: Formada por cantoneiras fixadas com rebites e parafusos. Ligação engastada nos pilares de apoio. Estrutura contraventada. Local: Fundação Ferro e Bronze - Morro Velho. Fonte: Levantamento AngloGold (2006).</p>	<p><b>Modelo 12:</b> Tesoura metálica - releitura do tipo "Polonceau". Características: Linha quebrada horizontal com pendurais e diagonais em cabos. Local: Modelagem - Morro Velho. Fonte: Levantamento AngloGold (2006).</p>

Nota-se nos modelos apresentados que é frequente a presença do lanternin nas estruturas de cobertura, que se incorporou e acabou por se definir como umas das principais características da tipologia arquitetônica industrial, tornando-se expressão formal corrente e significativa. Outra solução utilizada na conformação das coberturas são as tesouras em shed, recorrente nas instalações têxteis encontradas no Brasil.

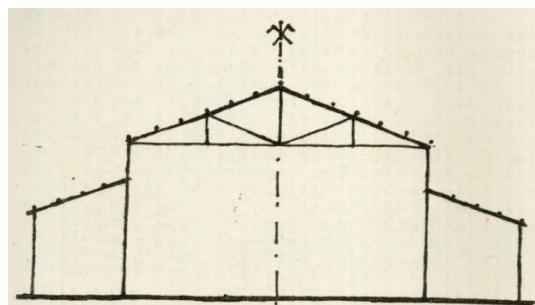
Pode-se afirmar que surge nesse período uma tipologia arquitetônica industrial marcada pela primazia da boa iluminação e ventilação. O mercado de peixes de Hungerford em Londres (figura 5.10), foi reformado em 1835 e recebeu estrutura em colunas de ferro e cobertura marcada em seu eixo por lanternin que, segundo Boltshauser (1972), teve sua solução copiada em diversas obras.

Outra solução muito utilizada foi o aproveitamento da diferenciação de altura entre a cobertura da "nave" principal e das galerias laterais, para obter o desejado pano de abertura superior. A figura 5.11 apresenta exemplo deste modelo, em estrutura de ferro empregada no Mercado da Madalena, na França, em 1824. A edificação é composta por três volumes, sendo o central mais alto, em analogia às antigas basílicas<sup>27</sup> de três naves.



**Figura 5. 10:** Seção transversal de um estrutura com lanternin - Mercado de peixe de Hungerford - Londres, 1835.

Fonte: BOLTSHAUSER (1972)

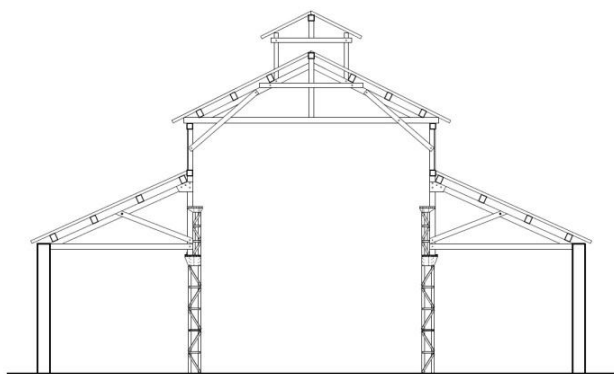


**Figura 5. 11:** Seção transversal da estrutura do Mercado da Madalena - Paris, 1824.

Fonte: BOLTSHAUSER (1972)

Dentre os modelos pesquisados é possível verificar essa mesma tipologia construtiva na edificação da Oficina Mecânica da Belgo Mineira (figuras 5.12 e 5.13) onde a iluminação é favorecida pelo desnível do pé direito da "nave" central e das alas laterais.

<sup>27</sup> Boltshauser (1972) descreve que a estrutura foi construída "obedecendo à disposição de uma basílica de três naves em que a nave central tinha o triplo da largura das naves laterais e oferecia a possibilidade de iluminação e ventilação, como nas basílicas, pelo desnível entre o pé direito da nave central e das naves laterais". Destaca ainda que o conjunto possui admirável leveza e que apresenta aspecto de uma estrutura metálica atual.

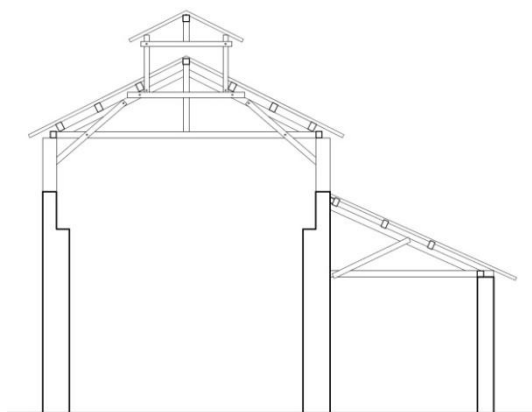


**Figura 5.12: Corte Oficina Mecânica - Belgo Mineira**  
**Fonte: Levantamento de campo**



**Figura 5.13: Foto interna Oficina - Belgo Mineira**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

A mesma solução é adotada no antigo galpão da Fundação da Belgo Mineira (figuras 5.14 e 5.15) que possui uma nave principal, e apenas uma ala lateral, de pé direito mais baixo, o que proporciona abertura para iluminação superior ao longo de todo o volume.



**Figura 5.14: Corte Fundação - Belgo Mineira**  
**Fonte: Levantamento de campo**



**Figura 5.15: Foto interna Fundação - Belgo Mineira**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

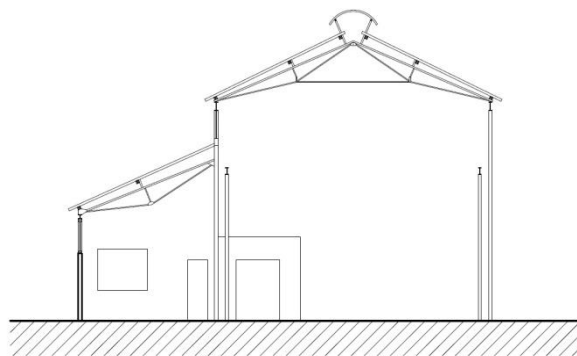
As novas edificações adquirem características formais que relacionam arte e tecnologia, incorporando noções de higiene<sup>28</sup>, conforto, eficiência e economia.

A arquitetura deste período preza pela salubridade dos ambientes, solucionadas pelos conhecimentos de conforto ambiental. O desnível entre as "naves" foi muitas vezes associada ao lanternim, em uma solução ainda mais eficiente. Essa estratégia confere melhor iluminação ao interior de espaços de grandes dimensões.

---

<sup>28</sup> As noções de higiene, conforto, bem estar e eficiência, entre outros aspectos, provêm dos ideais e conceitos incorporados pelos higienistas e reformadores do século XIX, que originou, entre outros fatos, a "urbanística moderna" descrita em Benevolo (2004).

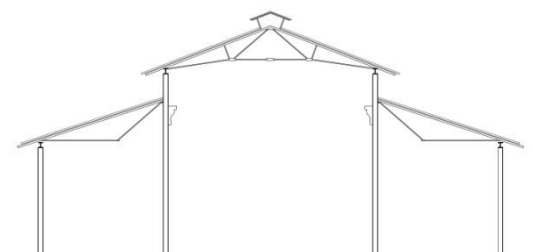
Na Mina de Morro Velho observa-se esta mesma tipologia arquitetônica empregada nos Galpões da Elétrica, (figuras 5.16 e 5.17) e no Galpão D, provável Oficina de Montagem, (figuras 5.18 e 5.19), onde a iluminação e a ventilação são favorecidas pela abertura superior e lanternin.



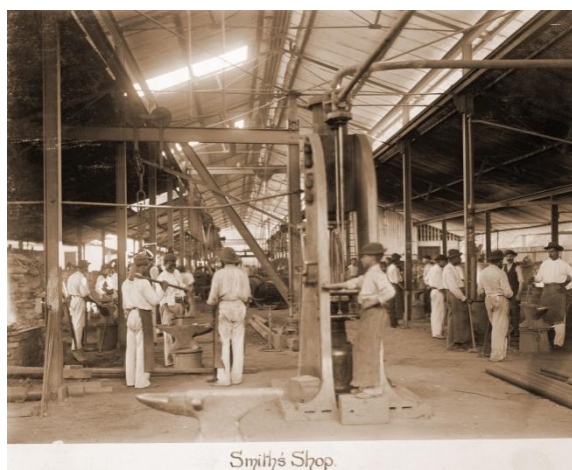
**Figura 5.16: Corte Galpão Elétrica - Morro Velho**  
Fonte: Levantamento AngloGold (2006)



**Figura 5.17: Foto interna Elétrica - Morro Velho**  
Fonte: Acervo Pessoal (22/06/12)



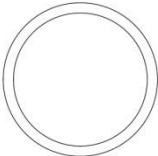
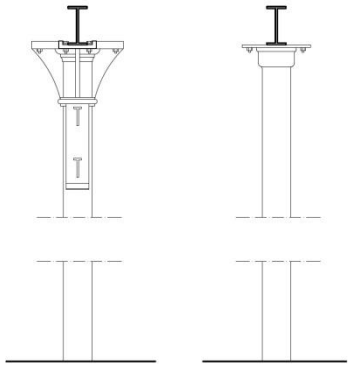
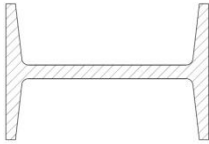
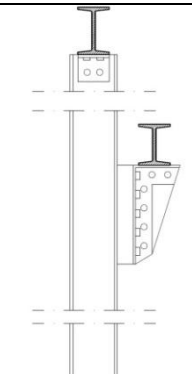
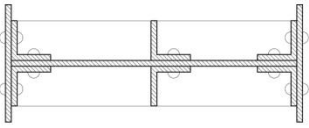
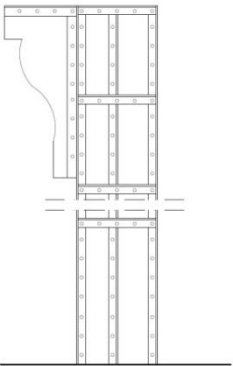
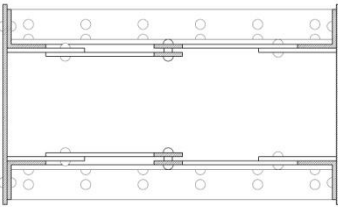
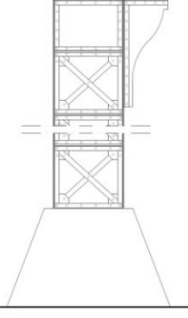
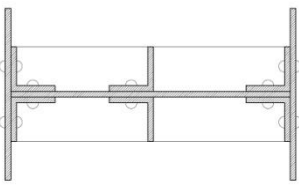
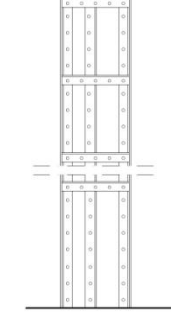
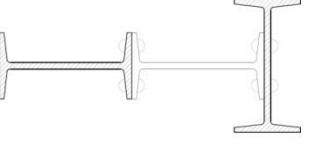
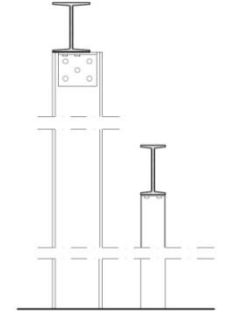
**Figura 5.18: Oficina de Montagem - Morro Velho**  
Fonte: Levantamento AngloGold (2006)



**Figura 5.19: Foto Oficina de Montagem - Morro Velho década de 1910.**  
Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.

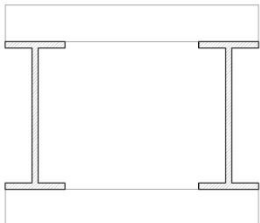
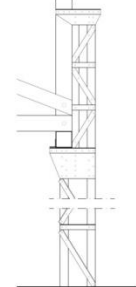

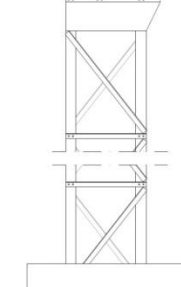
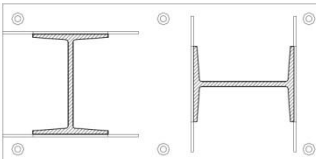
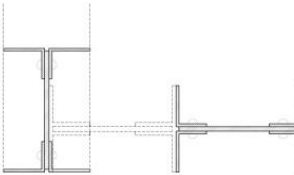
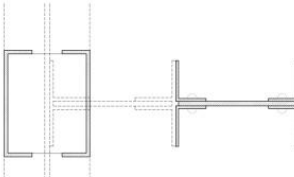
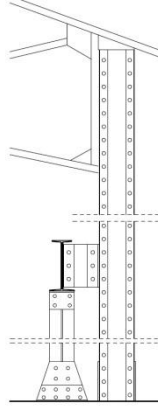


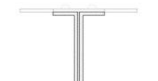
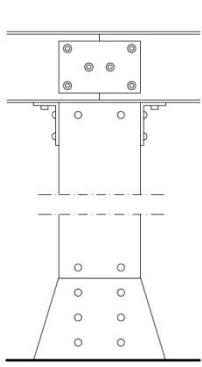
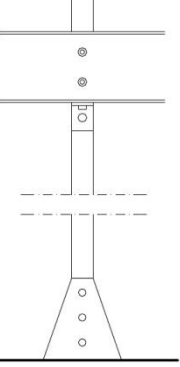
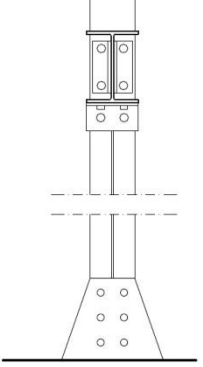
A tabela 5.2 apresenta um quadro comparativo das estruturas encontradas, pilares e vigas. Os modelos pesquisados revelam composições estruturais diferenciadas e significativas. Embora a história da siderurgia e da arquitetura do ferro mostrem uma cronologia que de fato existiu no desenvolvimento dos sistemas estruturais e emprego de materiais, a pesquisa mostra que neste período a utilização dessas estruturas no Brasil, por vezes, ocorreu de forma simultânea, sendo possível encontrar em uma mesma época empregos diversos, por se tratar de um período de transição no qual as estruturas, em geral importadas, eram adquiridas em países cujo desenvolvimento siderúrgico já se mostrava avançado, sendo possível encontrar do ferro fundido ao aço laminado.

Tabela 5. 2: Quadro comparativo das estruturas - Pilares e Vigas

Tabela 5. 2: Quadro comparativo das estruturas - Pilares e Vigas					
 <p>Planta</p>	 <p>Elevação Tipo 01      Elevação Tipo 02</p>	 <p>Planta</p>	 <p>Elevação</p>	 <p>Planta</p>	 <p>Elevação</p>
<p><b>Modelo 01:</b> Pilares em ferro fundido e viga laminada. Características: Pilares de seção circular oca. Tipo 01 com capitel e encaixe para suporte das operações. Tipo 02 apoio simplificado. Viga laminada em seção "I", em ferro perfilado (pudlado) ou aço. Local: Fábrica Tecidos - Ouro Preto. Fonte: Prefeitura de Ouro Preto.</p>		<p><b>Modelo 02:</b> Pilar e Viga em seção "I" laminado. Características: Pilar e viga em seção "I" laminado. Material: não identificado em laboratório, ferro perfilado (pudlado) ou aço. Local: Oficina de Montagem - Morro Velho. Fonte: Com base em Levantamento AngloGold (2006).</p>		<p><b>Modelo 03:</b> Pilar em perfis compostos. Características: Pilar em perfis compostos, de cantoneiras e chapas unidas por rebites em oficina. As peças inseridas na alma funcionam como enrijecedores. Material: ferro pudlado. Local: Mecânica e Ferraria, Galpão A1 - Morro Velho. Fonte: Levantamento de campo</p>	
 <p>Planta</p>	 <p>Elevação</p>	 <p>Planta</p>	 <p>Elevação</p>	 <p>Planta</p>	 <p>Elevação</p>
<p><b>Modelo 04:</b> Pilar em perfis compostos. Características: Pilar em perfis compostos, de cantoneiras e chapas unidas por rebites em oficina. Alma do pilar vazada, em treliça de chapas. Material: ferro pudlado. Local: Galpão principal Boca da Mina - Morro Velho. Fonte: Levantamento de campo</p>		<p><b>Modelo 05:</b> Pilar em perfis compostos. Características: Pilar em perfis compostos, de cantoneiras e chapas unidas por rebites em oficina. Peças inseridas na alma como enrijecedores. Material: ferro pudlado. Local: Almoxarifado, Galpão B - Morro Velho. Fonte: Levantamento de campo</p>		<p><b>Modelo 06:</b> Pilar e Viga em seção "I" laminado. Características: Composição de Pilares e vigas em seção "I" laminado. Material: Aço, inscrição na peça revela sua fabricação em fornos "Siemens Martin". Local: Galpão da Elétrica - Morro Velho. Fonte: Com base em Levantamento AngloGold (2006).</p>	



**Tabela 5.2: Quadro comparativo das estruturas - Pilares e Vigas (continuação)**

 <p>Planta</p>	 <p>Elevação</p>	 <p>Planta</p>	 <p>Elevação</p>	 <p>Planta</p>	
<p><b>Modelo 07:</b> Pilar em composição de perfis de aço.            Características: Pilar composto de dois perfis laminados em seção "I", treliçados com cantoneiras, fixadas com rebites.            Material: Aço baixo carbono.            Local: Oficina Mecânica - Belgo Mineira            Fonte: Levantamento de campo</p>		<p><b>Modelo 08:</b> Pilar em composição de perfis de aço.            Características: Pilar composto de dois perfis laminados em "U" e um perfil laminado em seção "I", treliçados com cantoneiras, fixadas com rebites. Material: Aço baixo carbono.            Local: Vão Ponte Rolante - Belgo Mineira            Fonte: Levantamento de campo</p>		<p><b>Modelo 09:</b> Pilar laminado            Características: Perfil laminado em "U".            Material: Aço.            Local: Boca da Mina, Galpão secundário            Fonte: Levantamento de campo</p>	
 <p>Planta Tipo 01 - extremidade</p>  <p>Planta Tipo 02 - interno</p>	 <p>Elevação</p>	 <p>Planta Tipo 01</p>  <p>Planta Tipo 02</p>  <p>Planta Tipo 03</p>	 <p>Elevação Tipo 01</p>  <p>Elevação Tipo 02</p>  <p>Elevação Tipo 03</p>		
<p><b>Modelo 10:</b> Pilar em composição de perfilados.            Características: Pilar Tipo 01- composto por cantoneiras e chapas fixados com rebites. Pilar Tipo 02 - suporte para ponte rolante em perfilado seção "U".            Material: não identificado em laboratório, ferro perfilado ou Aço.            Local: Fundição Ferro e Bronze - Morro Velho            Fonte: Levantamento de campo</p>		<p><b>Modelo 11:</b> Pilar em composição de perfis de aço.            Características: Pilar composto por perfis laminados em seção "U", fixados com rebites.            Material: não identificado em laboratório, provável Aço.            Local: Modelagem - Morro Velho            Fonte: Levantamento de campo</p>			

Os dados levantados são confirmados por Silva (1986), ao descrever que, após meados do século XIX, não há uma uniformidade quanto ao material utilizado, podendo ocorrer o emprego conjunto do ferro fundido, ferro perfilado e até mesmo do aço em um mesmo edifício, o que "dependeria das vocações estruturais, funcionais ou plásticas que cada um desses tipo de ferro havia demonstrado e firmado depois de muita experiência".

Outra recorrência nas soluções estruturais encontradas é a utilização conjunta do metal com materiais tradicionais, como observado nas instalações da Belgo, onde a estrutura da cobertura da Oficina Mecânica foi executada em madeira e se apresenta em um "casamento perfeito" com a estrutura metálica dos pilares, figuras 5.20. Entre as instalações da Morro Velho tem-se o galpão C da Oficina Mecânica e Ferraria (figura 5.21), cujos pilares e vigas trabalhados em madeira são cobertos por estrutura em tesouras metálicas. Em alguns casos, também é possível observar certo "improvisado" com materiais tradicionais, como é o caso do galpão B, do Almojarifado (antiga Fábrica de Cadinhos).



**Figura 5. 20: Estrutura híbrida em madeira e metal na Oficina Mecânica - Belgo Mineira**  
Fonte: Acervo Pessoal (15/06/12)



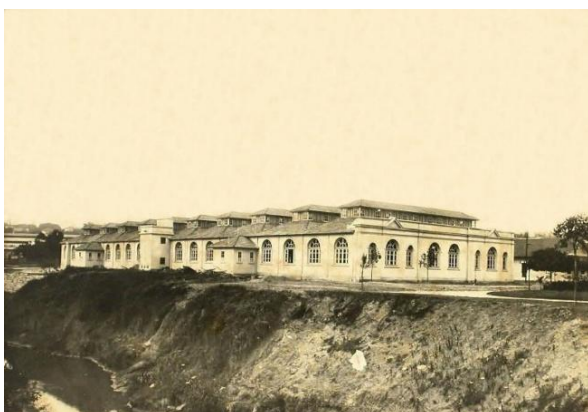
**Figura 5. 21: Estrutura híbrida em madeira e metal no Galpão C da Mecânica - Morro Velho**  
Fonte: Acervo Pessoal (março, 2011)

Conforme visto na História da Arquitetura do Ferro, mesmo com todo avanço tecnológico e importação dos novos materiais, metal e vidro, não ocorre um rompimento na utilização dos materiais tradicionais, sendo frequente o emprego da madeira e tijolos, materiais disponíveis "in loco", considerando as dificuldades dos meios de transportes no início do século xx para distribuição dos novos materiais, que dependiam das vias férreas, ainda em fase de implantação no Brasil. Sendo assim, muitos dos novos estabelecimentos industriais foram edificados em estrutura de madeira, como é o caso das Oficinas do Conde de Santa Marinha (figura 5.22) instaladas na nova Capital Belo Horizonte, e que foram utilizadas como armazém pela Central do Brasil. E também a Companhia Industrial de Belo Horizonte, fábrica

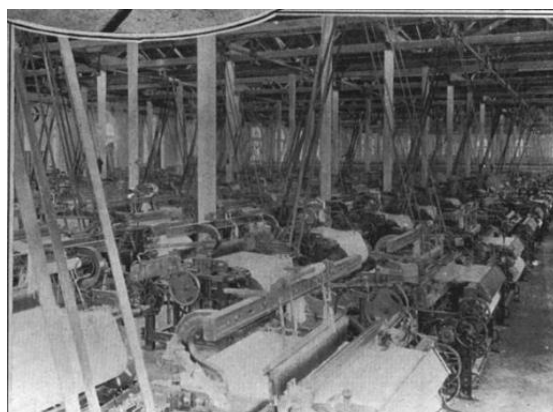
de tecidos, também edificada próxima a Estação Central, hoje conhecida como o prédio da "104 Tecidos" (figuras 5.23 e 5.24). Nos dois exemplares é possível verificar, além de uma composição de fachada estilística própria da época, alguns recursos volumétricos supostamente para favorecer a iluminação e ventilação, como a conformação que se assemelha à "basílica de três naves" das Oficinas do Conde e a tipologia arquitetônica marcada pelo lanternin inserido no eixo central da cobertura da Companhia Industrial de Belo Horizonte.



**Figura 5. 22: Oficinas do Conde de Santa Marinha em Belo Horizonte.**  
**Fonte: BARRETO, Abílio. Belo Horizonte: Memória Histórica e Descritiva, 1996 apud,**  
**[http://curraldelrei.blogspot.com.br/2010\\_05\\_01\\_archive.html](http://curraldelrei.blogspot.com.br/2010_05_01_archive.html)**



**Figura 5. 23: Companhia Industrial de Belo Horizonte em 1910.**  
**Fonte: Arquivo Público Mineiro apud,**  
**[http://curraldelrei.blogspot.com.br/2010\\_05\\_01\\_archive.html](http://curraldelrei.blogspot.com.br/2010_05_01_archive.html)**



**Figura 5. 24: Interior da Companhia Industrial de Belo Horizonte.**  
**Fonte: LLOYD (1913).**

A Companhia Fiação e Tecelagem de Cataguases (figura 5.25) também se mostra como exemplo de volumetria marcada pela diferenciação entre o pé direito da nave principal e das alas laterais, além das fachadas marcadas pelas aberturas em arcos, cornija, frontão e outros elementos formais.



**Figura 5. 25: Companhia Fiação e Tecelagem de Cataguases - 1906**  
**Fonte: COMPANHIA INDUSTRIAL CATAGUASES.**

A literatura mostra que, com toda evolução tecnológica, a arquitetura do século XIX vivia um período de transição. Não se pode generalizar, mas os registros históricos indicam que o domínio da técnica encontrava-se nas mãos dos engenheiros que dominavam o avanço tecnológico e, na maioria das vezes, cabia ao arquiteto a produção da "fachada eclética". Autores como Silva (1986) e Benevolo (2004) descrevem a separação das atividades dos engenheiros e arquitetos, estes últimos, ainda presos ao conservadorismo da Escola de Belas Artes. Passa a coexistir a "arquitetura do ferro" e a "arquitetura de estilos".

O ferro passa a ser incorporado por traduzir a modernidade e, ainda de acordo com Silva (1986), tinha como inovação a introdução da ideia de "escala de produção". O autor descreve ainda que no século XIX na Europa, no mundo das ciências e da tecnologia foram rápidas as transformações, porém no mundo das artes "o ecletismo foi considerado o movimento mais progressista e moderno, posto que pretendeu resolver o dilema de gosto pelo vocabulário formal clássico ou medieval".

Grande parte dos modelos arquitetônicos, no final do século XIX e princípio do XX, seguiam as tendências europeias, dentro de um contexto de transição, marcada pela "modernização" e avanços tecnológicos. O movimento que se formou buscava referências em estilos pretéritos e, mesmo com toda a inovação de materiais, os volumes continuam a receber uma "roupagem estilística" - termo utilizado por Kühl (1998) - dentro de uma cultura disponível em periódicos e manuais que difundiam traços estilísticos variados, marcados pela composição de platibandas, entablamentos, molduras, ornamentos, pilastras, aberturas com verga em arco, entre outros elementos, cujo movimento se denominou "Ecletismo".

Sendo assim, foram poucos os exemplares que exploraram o metal em toda sua potencialidade, conforme descreve Kühl (1998), sendo vasto o emprego dos sistemas

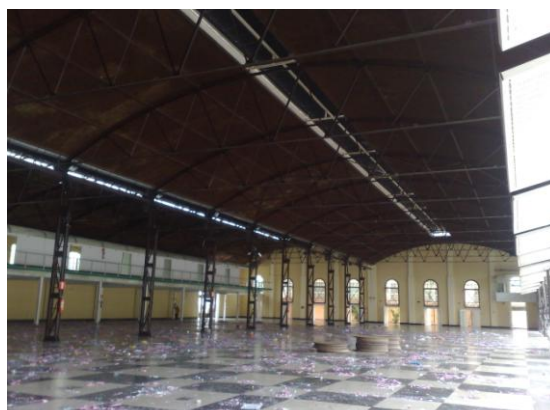
estruturais "híbridos", cujo sistema construtivo é apontado por tantos outros autores, como Boltshauser (1972), Silva (1986), Benevolo (2004) e Santos (1961).

A Serraria Souza Pinto (figura 5.26), construída em 1913, se apresenta como exemplo dessa natureza, sendo uma edificação originalmente destinada a instalações industriais, que reconhecida enquanto Patrimônio Industrial, foi revitalizada e tornou-se um importante equipamento cultural na cidade de Belo Horizonte. Esta edificação é aqui apresentada como efeito comparativo das estruturas encontradas.



**Figura 5. 26: Serraria Souza Pinto no início do século XX.**

**Fonte:** Arquivo Público da Cidade de Belo Horizonte.  
[http://curraldelrei.blogspot.com.br/2010\\_05\\_01\\_archive.html](http://curraldelrei.blogspot.com.br/2010_05_01_archive.html)



**Figura 5. 27: Vista interna Serraria Souza Pinto.**

**Fonte:** Acervo pessoal (março 2011)

A Serraria Souza Pinto possui sistema construtivo híbrido, com vedação em alvenaria de tijolos, estrutura composta por pilares metálicos treliçados e cobertura metálica que se destaca pela treliça plana com banzo superior em arco, conferindo à cobertura formato de duas abóbodas, figura 5.27. A construção recebeu fachada trabalhada com entablamento, marcação de pilares, molduras, ornatos e aberturas em verga curva, em uma “roupagem estilística” de tipologia eclética característica da época.

Não se pretende comprovar nenhuma tese, mas é certo que o emprego dos sistemas tradicionais não foram abandonados, nem mesmo na chamada "Arquitetura Industrial", aqui caracterizada não apenas como edificações com emprego de materiais industrializados, mas sobretudo, como edificações destinada a fins industriais. As antigas edificações executadas pela Belgo Mineira em Sabará não abandonam o sistema construtivo tradicional, assim como as instalações da Fábrica de Tecidos da Companhia Industrial de Ouro Preto, que se caracterizam pelo emprego da estrutura híbrida. Já os galpões que compõem a Planta Industrial da Mina de Morro Velho possuem características tipológicas diferenciadas e maior

emprego de materiais pré-fabricados, produzidos "em escala industrial", como será visto adiante.

A partir dos exemplos citados é possível melhor compreender a tipologia arquitetônica dos antigos galpões da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira. Assim como na Serraria Souza Pinto, o galpão da Oficina Mecânica possui sistema construtivo híbrido, sendo notável a preocupação formal na composição dos volumes e fachadas. Também a Modelagem originalmente possuía estrutura híbrida, o que pode ser comprovado através de remanescentes metálicos (figura 2.77 e 2.79). Aqui foram contemplados os galpões construídos na primeira metade do século XX e que ainda hoje se encontram preservados.

Os galpões da Belgo Mineira, construídos por volta de 1920, apresentam fachadas marcadas pelo ritmo das aberturas, em uma composição de arcos e marcação em relevo, característica do "gosto da época" que, como já descrito, buscava inspiração em estilos pretéritos, como se pode observar em outras construções do período como na Oficina do Conde (figura 5.22), na Companhia Industrial de Belo Horizonte (figura 5.23) e na própria Serraria Souza Pinto (figura 5.26). As arcadas do volume da antiga Fundição Belgo Mineira estabelecem um ritmo e uma composição surpreendente (figuras 5.28 a 5.32).



**Figura 5. 28: Volume da Fundição provável década de 1930.  
Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**



**Figura 5. 29: Volume da Fundição no final da década de 1920.  
Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**



**Figura 5. 30: Fundição na década de 1930  
Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

As edificações se configuram de forma a favorecer a iluminação e ventilação, em um jogo volumétrico de "nave principal" e galerias laterais que, como já relatado, consolidou-se enquanto tipologia arquitetônica (figuras 5.28 e 5.34), a exemplo da disposição de uma basílica<sup>29</sup>.

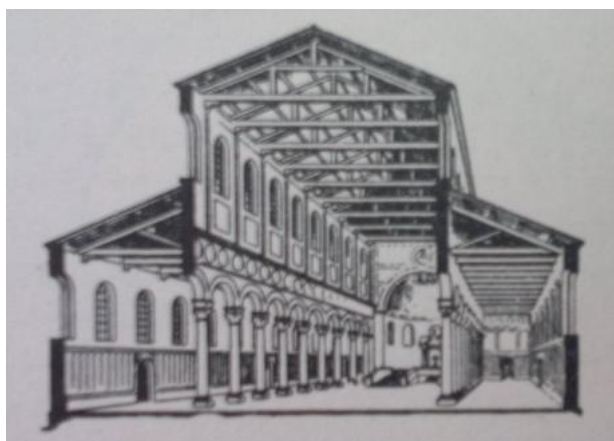


**Figura 5. 31: Detalhe das aberturas em arco da fachada lateral direita da Fundição.**  
Fonte: Acervo Pessoal (15/06/12)



**Figura 5. 32: Detalhe das aberturas em arco da fachada lateral esquerda da Fundição.**  
Fonte: Acervo Pessoal (15/06/12)

A figura 5.33 representa a Basílica de S. Paulo-Fora-dos-Muros, em Roma, construída em 380 D.C., onde se pode notar uma distribuição volumétrica similar à Oficina Mecânica e à Fundição, figuras 5.28 e 5.34, respectivamente.



**Figura 5. 33: Basílica de S. Paulo-Fora-dos-Muros, em Roma, construída em 380D.C.**  
Fonte: SANTOS (1961).

As esquadrias em arco pleno possuem proporção, apuro técnico nos caixilhos e nos sistemas de abertura. Apesar de não possuir nenhum elemento decorativo, a forma e a divisão do plano,

---

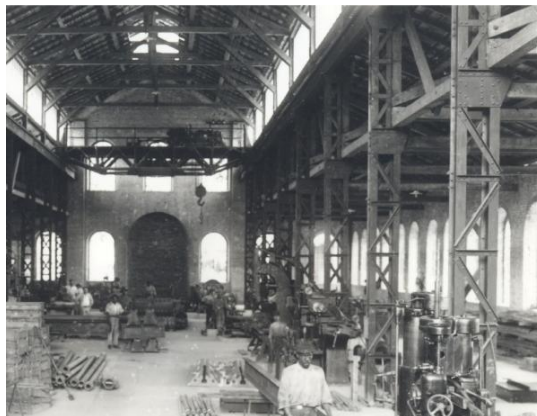
<sup>29</sup> Conforme descreve Santos (1961), as basílicas foram os monumentos mais significativos da "arquitetura cristã latina", tendo sido inspiradas nas edificações civis romanas. As basílicas cristãs eram edificadas com paredes de tijolos e a grande nave central coberta por telhados de duas águas sobre madeiramento de tesouras geminadas, cuja estrutura foi inovada pela introdução de peças como a linha e os pendurais, trabalhando a tração. A linha é introduzida com o propósito de eliminar os empuxos das pernas contra os apoios e os pendurais e tirantes, que ligam as pernas à linha, atenuavam a flexão da mesma.

somados ao jogo de luz, relembram os antigos vitrais. Também é possível verificar tendência pela simetria, revelado no partido e na composição da fachada da Oficina (figuras 5.34 a 5.37).



**Figura 5. 34: Oficina Mecânica da Cia Belgo Mineira em 1928.**

Fonte: Pioneiro n°158, jan. 1965  
Acervo Programa Memória ArcelorMittal.



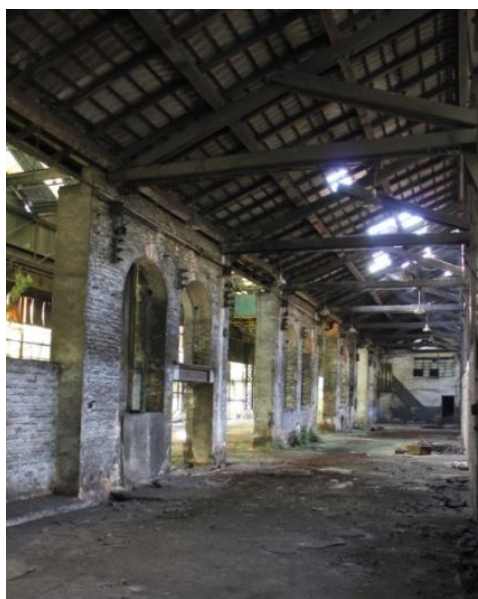
**Figura 5. 35: Vista interna da Oficina Mecânica da Cia Belgo Mineira.**

Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.



**Figura 5. 36: Vista interna da parte posterior da Oficina Mecânica da Cia Belgo Mineira.**

Fonte: Acervo Pessoal (15/06/12)



**Figura 5. 37: Vista interna da Fachada lateral Esquerda da Oficina Mecânica da Cia Belgo Mineira.**

Fonte: Acervo Pessoal (15/06/12)

Em geral as edificações são marcadas pelo ritmo na repetição dos elementos, sejam nas aberturas ou mesmo na estrutura. Este trabalho não pretende aprofundar-se em questões estilísticas, mas é inegável o apuro nas relações métricas, de proporção e noções de equilíbrio entre "cheios e vazados".



A estrutura metálica presente nos pórticos de sustentação do vão da ponte rolante e no interior da Oficina Mecânica (figura 5.41) possui modelo similar aos encontrados na Serraria Souza Pinto (figura 5.39) e também na empresa Magnavaca, fundada em 1908, na cidade de Belo Horizonte, denominada Fundação Moderna (figura 5.40). O sistema construtivo treliçado é proveniente das técnicas tradicionais em madeira, como se pode verificar no modelo empregado no galpão do laminador da Cia Belgo Mineira (figura 5.38), já demolido. Nota-se a prática recorrente em trabalhar o metal com inspiração em técnicas construtivas tradicionais e consolidadas como a madeira e a pedra, como descrito na literatura as primeiras experiências com as pontes.



**Figura 5.38: Laminador Belgo Mineira**  
**Fonte: Programa Memória ArcelorMittal.**



**Figura 5.39: Serraria Souza Pinto.**  
**Fonte: IEPHA/Julho de 1989**



**Figura 5.40: Magnavacca - 1908**  
**Fonte: Silveira (1926)**



**Figura 5.41: Vista da estrutura metálica treliçada do Vão da ponte rolante e da Oficina Mecânica - Antiga Cia Belgo Mineira.**  
**Fonte: Acervo Pessoal (15/06/12)**

Assim como as instalações pioneiras da Belgo, a Fábrica de Tecidos de Ouro Preto foi edificada em estrutura híbrida, com vedação em alvenaria de pedra e tijolos que escondem o sistema estrutural em pilares de seção circular de ferro fundido que sustentam vigas metálicas perfiladas em seção "I".

Conforme já relatado, a antiga Companhia Industrial de Ouro Preto passou por diversas intervenções, que resultou em perda de parte de suas fachadas, principalmente a frontal. Entretanto, conserva a estrutura metálica interna e a principal marca de sua tipologia construtiva, o ritmo volumétrico da composição dos sheds da cobertura (figuras 5.42 e 5.43).



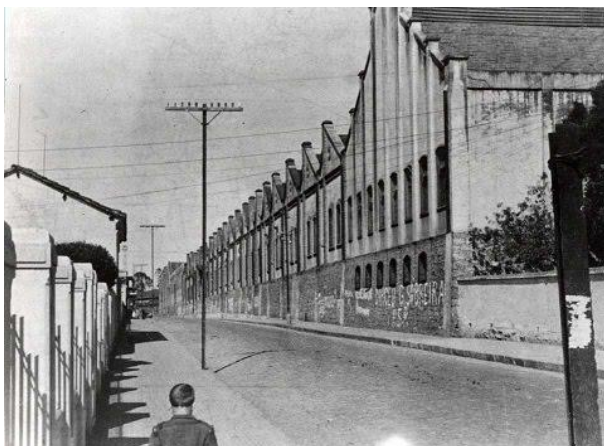
**Figura 5. 42: Vista Fachada lateral esquerda da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto.**  
 Fonte: Acervo Pessoal (25/07/12)



**Figura 5. 43: Vista Fachada lateral direita da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto.**  
 Fonte: Acervo Pessoal (25/07/12)

Essa tipologia arquitetônica se repete em diversas outras edificações do início do século XX, como observado na Companhia de Fiação e Tecidos de São Carlos (figuras 5.44 e 5.45), na Fábrica Santanense em Itaúna (figura 5.46), na Fábrica de Fiação e Tecidos Progresso da Fronteira Uruguaiana (figura 5.47), na Companhia Mageense de Tecidos (figura 5.48) e na Companhia Fiação e Tecelagem Bezerra de Mello (figura 5.49); as duas últimas em Magé, no Rio de Janeiro.

Esses exemplares apresentam conformação volumétrica similar a encontrada na Fábrica de Tecidos de Ouro Preto, que "externaliza" o ritmo da composição estrutural de sua cobertura em sheds, com formas de "dentes de serra", por vezes disfarçados por entablamentos diferenciados, como no galpão da UFMG, na Guaicurus, em Belo Horizonte, figura 5.50. Nota-se que é comum o emprego de porão alto e que as fachadas de alvenaria são marcadas pelo ritmo das aberturas e constituídas por elementos variados de composição, como cornijas, molduras, relevos em "pilares" marcando enquadramentos, entre tantos outros traços estilísticos, próprios da época.



**Figura 5. 44: Companhia de Fiação e Tecidos de São Carlos**

**Fonte:** Prefeitura Municipal de São Carlos.  
**Fundação Pró-Memória, Divisão de Arquivo e Documentação, apud**  
<http://raquelschmitt.blogspot.com.br/>  
**Acesso em:** 14/08/12



**Figura 5. 45: Companhia de Fiação e Tecidos de São Carlos**

**Fonte:** Fotografia Niels A Sørensen  
**Disponível em:**  
<http://www.panoramio.com/photo/59211282>  
**Acesso em:** 14/08/12



**Figura 5. 46: Fábrica Santanense – Itaúna /MG (1920)**

**Fonte:** Deise Lustosa - 2008



**Figura 5. 47: Vista externa da Fábrica de Fiação e Tecidos Progresso da Fronteira Uruguaiana - 1916.**

**Fonte:**UFRJ. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/nph/industria-e-trabalho-no-rio-grande-do-sul/exposicao-trabalho-industrial-tecnologia-rs> (Acesso em 14/08/12)



**Figura 5. 48: Companhia Mageense de Tecidos - Magé/RJ**  
**Fonte: PONTES, 2010.**

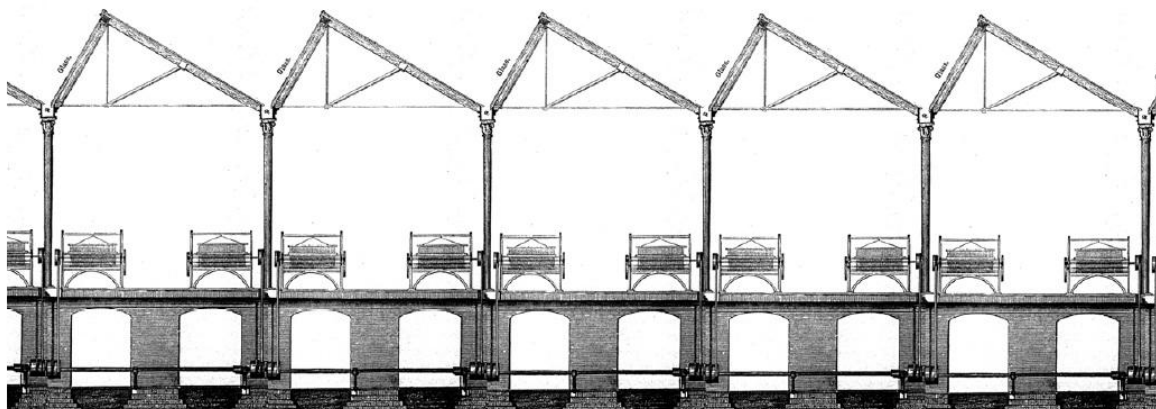


**Figura 5. 49: Companhia Fiação e Tecelagem Bezerra de Mello - Magé/RJ.**  
**Fonte: PONTES, 2010.**



**Figura 5. 50: Galpão UFMG – Rua Guaicurus- Centro, Belo Horizonte**  
**Fonte: Google Maps. Acesso em: 03/09/12.**

A figura 5.51 apresenta o corte de um galpão de tecelagem em Saltaire, vila industrial da segunda metade do século XIX na Inglaterra, projetado por William Fairbairn, o qual registrou que este tipo de cobertura em "shed" se originou na década de 1820. Neste caso, os telhados combinam madeira e ferro, apoiados em colunas de ferro ocas. Este novo conceito proporcionou boa iluminação em grandes áreas e esta tipologia arquitetônica inicialmente se tornou frequente nos edifícios destinados à indústria têxtil, e posteriormente este uso se generalizou (GUEDES, 2010).



**Figura 5. 51: Corte de um galpão de tecelagem em Saltaire, Inglaterra. (1854)**  
**Fonte: The Application of Cast and Wrought Iron to Building Purposes. London: John Weale, 1857-8.**  
**Apud GUEDES (2010)**

Em pesquisa realizada durante a definição da amostragem, foi possível constatar que as fábricas têxteis instaladas em Minas Gerais no final do século XIX e início do XX, em sua grande maioria, adotaram sistema construtivo em madeira, possivelmente pela maior facilidade de aquisição do material e domínio da técnica construtiva. Fazem parte desse grupo edificações como a Companhia Industrial de Belo Horizonte, a Fábrica de Tecidos Santa Bárbara, em Augusto de Lima (figura 5.52), as instalações de Biribiri, em Diamantina, a Fábrica Gabiroba em Itabira, a Fábrica em Cachoeira dos Macacos em Sete Lagoas, a Fábrica de Tecidos em Pedro Leopoldo, entre tantas outras.



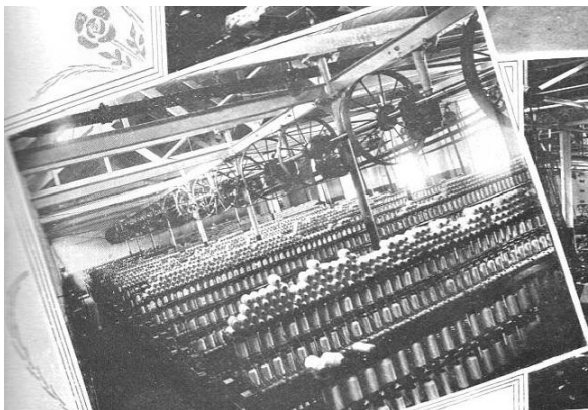
**Figura 5. 52: Fábrica Santa Bárbara - Augusto de Lima/MG**

**Fonte: Fotografia Wagson.**

**Disponível em:** <<http://www.panoramio.com/photo/32234220>> **Acesso em:** 14/08/12

O sistema construtivo da antiga Companhia Industrial de Ouro Preto se apresenta como exemplar significativo uma vez que, no Estado de Minas Gerais, foram poucas as fábricas de tecido edificadas em estruturas metálicas entre o final de século XIX e o início do XX. Entre os exemplos encontrados se apresenta um único galpão da Companhia de Marzagão, em Sabará (figuras 1.12 e 1.13) e as Fábricas de Tecidos instaladas na região de Juiz de Fora (figuras 1.11 e 5.53) que, talvez pela proximidade e maior facilidade de transporte na época, absorveram os modelos empregados na cidade do Rio de Janeiro.

Em especial aponta-se a Companhia Industrial Mineira, figura 5.53, registrada em Lloyd (1913), que possui estrutura metálica interna similar à Companhia Industrial de Ouro Preto (figura 5.54), com pilares de seção circular, provavelmente de ferro fundido e viga perfilada em seção "I".



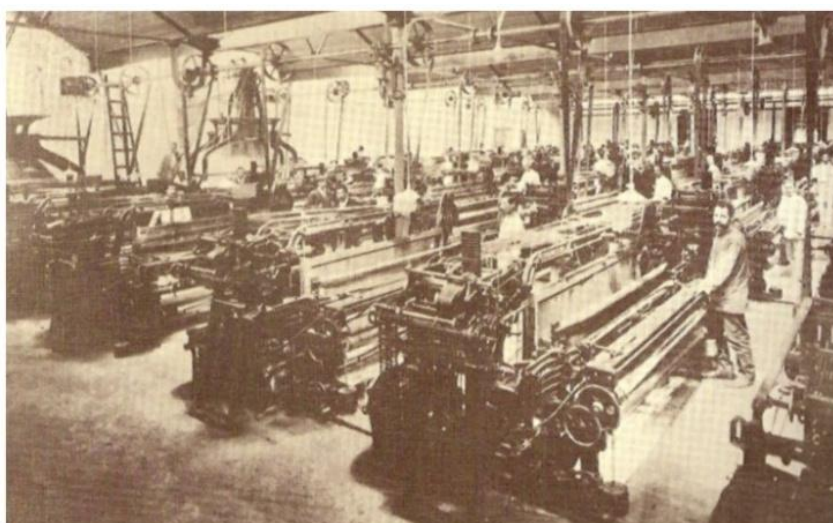
**Figura 5. 53: Setor de fiação da Industrial Mineira em Juiz de Fora/MG. Início século XX.**  
**Fonte: LLOYD (1913).**



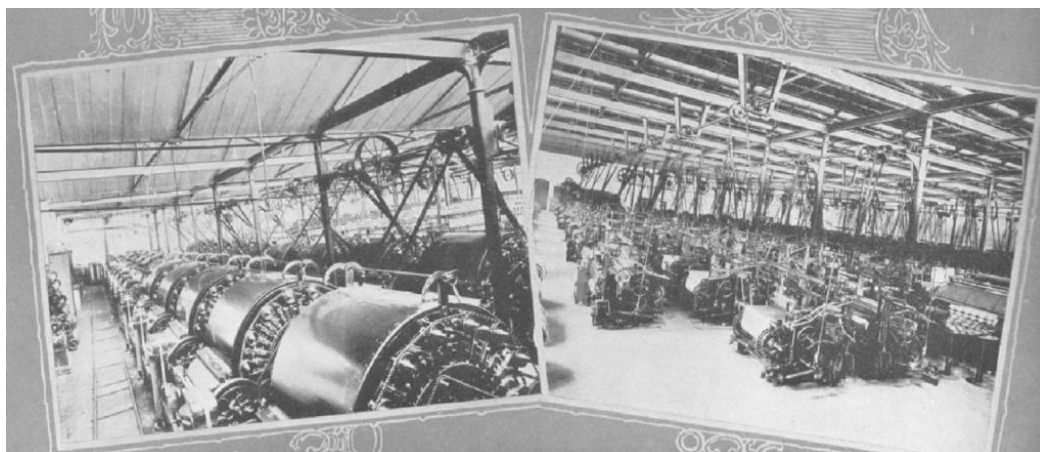
**Figura 5. 54: Estrutura interna da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto.**  
**Fonte: Acervo Pessoal (14/08/12)**

Esse mesmo sistema construtivo pode ser observado em fábricas têxteis instaladas em outras regiões do país, com tipologia também similar à da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto. Entre elas a Fábrica de Fiação e Tecidos Progresso da Fronteira Uruguaiana, no Rio Grande do Sul (figura 5.55) e as companhias instaladas na cidade do Rio de Janeiro, como a Companhia D. Isabel em Petrópolis (figura 5.56); a Fábrica de Fiação e Tecidos Mageense (figura 5.57) e a Fábrica do Alto da Serra da Companhia de Fiação e Tecidos Cometa (figura 5.58).

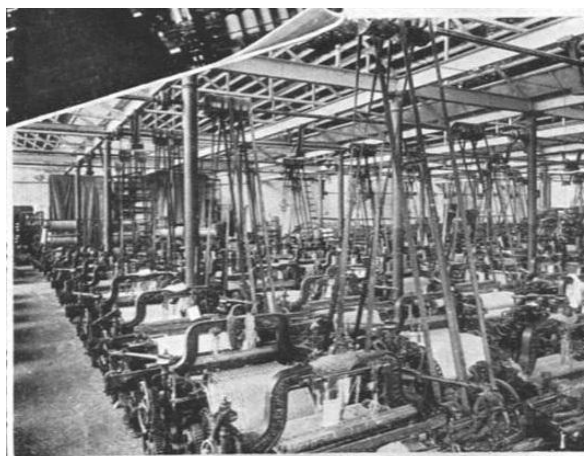
Isso talvez explique o emprego tão diferenciado dessa estrutura na Fábrica de Tecidos de Ouro Preto, pois Ozzori (1890) descreve que o escritório central da Companhia seria originalmente na cidade do Rio de Janeiro, que supostamente teria sido responsável por importar esta estrutura.



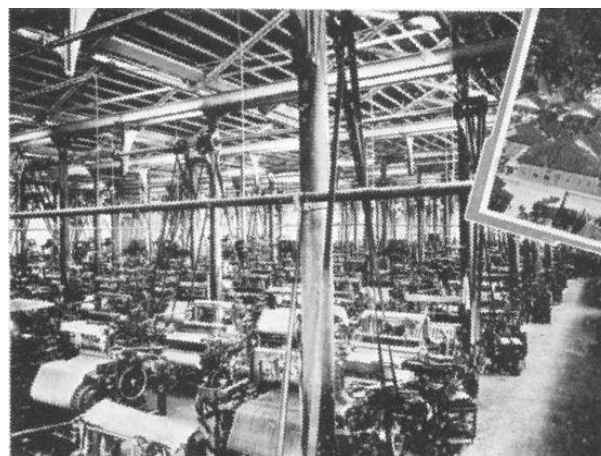
**Figura 5. 55: Vista interna da Fábrica de Fiação e Tecidos Progresso da Fronteira Uruguaiana 1916.**  
**Fonte: UFRJ. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/nph/industria-e-trabalho-no-rio-grande-do-sul/exposicao-trabalho-industrial-tecnologia-rs> (Acesso em 14/08/12)**



**Figura 5. 56: Companhia D. Isabel em Petrópolis/RJ.  
Fonte: LLOYD (1913).**



**Figura 5. 57: Fábrica de Fiação e Tecidos  
Mageense/RJ.  
Fonte: LLOYD (1913).**



**Figura 5. 58: Fábrica do Alto da Serra da  
Companhia de Fiação e Tecidos Cometa/RJ.  
Fonte: LLOYD (1913).**

Na revisão bibliográfica da "História da Arquitetura do Ferro" é descrita a tipologia arquitetônica empregada nos edifícios destinados às fábricas têxteis, que disseminou pela Europa no século XIX. Kühl (1998), Santos (1961); Boltshauser (1972); Silva (1986) e Guedes (2010) descrevem modelos de estrutura híbrida, com paredes de alvenaria, piso de abobadilhas e estrutura interna com colunas de ferro fundido.

O mesmo modelo foi encontrado na Fábrica de Tecidos de Ouro Preto, figura 5.59, que em parte, edificada em dois pavimentos, possui lajes em abobadilhas abatidas de concreto armado, apoiadas em perfilados de seção "I", sustentadas por colunas de ferro fundido de seção circular vazada. Pela configuração da planta e data da instalação da Companhia Industrial de Ouro Preto, 1889, é possível que este trecho tenha sido edificado em momento posterior, tendo em vista que, o cimento Portland passa a ser empregado em maior escala na

Inglaterra, a partir de 1845. Mas de qualquer forma, se encontra como exemplar e modelo construtivo característico de uma época.



**Figura 5. 59: Laje em abobadilha na Fábrica de Tecidos de Ouro Preto.**  
Fonte: Acervo Pessoal (14/08/12)

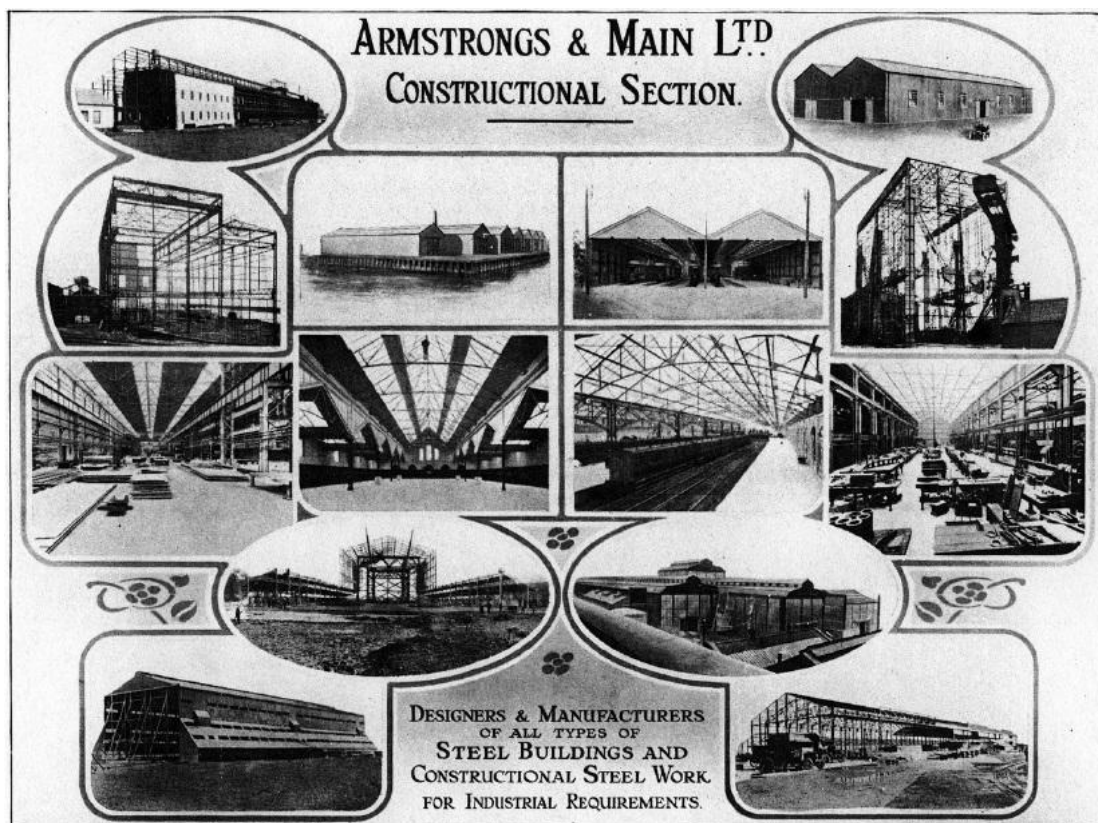
Sobre as coberturas dos exemplares em estrutura híbrida apresentados, registra-se que tanto a Fábrica de Tecidos, como as instalações da Belgo Mineira receberam telhas cerâmicas francesas, geralmente originadas de Marselha.

Os exemplares registrados nas instalações da Mina de Morro Velho em Nova Lima possuem características singulares, pois se apresentam de forma mais industrializada que as tipologias apresentadas na Cia Belgo Mineira e na Fábrica de Tecidos de Ouro Preto. Os modelos se enquadram na chamada "Arquitetura de Chapas Onduladas", também denominada por alguns autores como "chapas corrugadas". Mas, nem por isso, a tipologia arquitetônica deixa de ser rica em sua composição e significados formais.

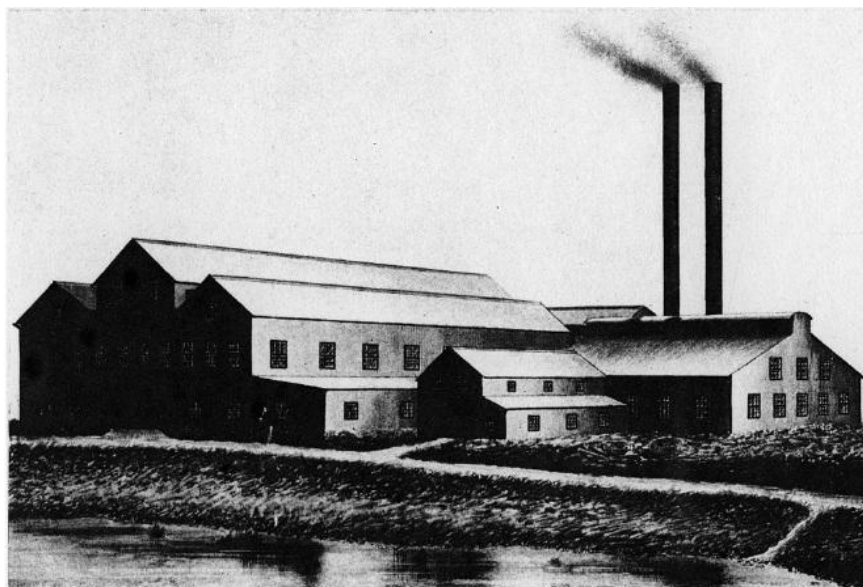
Esta "Arquitetura de Engenharia" revela uma expressão formal no conjunto da técnica e padronização própria de sua época. As edificações se caracterizam pelo emprego de materiais pré-fabricados, marcando uma época de avanço tecnológico, onde toda a edificação poderia ser adquirida por importação através de catálogos.

Conforme aponta Guedes (2010), o ferro ondulado foi o material preferido na construção de muitos edifícios destinados a mineração, em Joanesburgo, maior cidade da África do Sul. As figuras 5.60 e 5.61 apresentam publicações da empresa Armstrong & Main, Ltd., citada como uma das fabricantes de diversas estruturas de aço.





**Figura 5. 60:** Tipo de estruturas e construções em aço da empresa Armstrong & Main, Ltd.  
**Fonte:** Folheto comercial publicado pela empresa Armstrong & Main, apud GUEDES (2010).



**Figura 5. 61:** Construções típicas erguidas na África do Sul para indústrias de mineração de ouro.  
**Fonte:** Publicação comercial produzido por Armstrong & Main, c. 1900, apud GUEDES (2010).

Comparando as tipologias arquitetônicas que aparecem nas publicações desta empresa com os modelos encontrados na Mina de Morro Velho em Nova Lima (figuras 5.62 e 5.63) observa-se a semelhança das construções e as características tipológicas dos edifícios pré-fabricados adquiridos em catálogos que, segundo Kühl (1998), eram chamados pelas companhias

britânicas como *portable building* ou *exported building*. Em Morro Velho, o emprego das placas corrugadas ocorreu de maneira geral nos fechamentos laterais, mas também é possível encontrar coberturas com o material. Em edificações mais elaboradas como a Modelagem, a Fundação Ferro e Bronze, a Elétrica e os galpões A1 da Mecânica e A do Almojarifado foram empregadas as telhas cerâmicas francesas de Marselha, supostamente por proporcionar melhor conforto ambiental. A telha francesa se mostra presente nas construções do século XIX e início do século XX, também se caracterizando como produto industrializado, que se difundiu no mercado mundial.



**Figura 5. 62: Fotografia panorâmica da área industrial por volta de 2005.**  
**Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.**



**Figura 5. 63: Fotografia panorâmica da área industrial por volta de 2005.**  
**Fonte: Centro de Memória Morro Velho/Centro de Documentação/Nova Lima, apud SILVA, 2007.**

Entre os diversos modelos de construções pré-fabricadas, na figura 5.64 é apresentado o desenho de um edifício de tipologia arquitetônica muito semelhante ao prédio da Modelagem na Mina de Morro Velho (figura 5.65), o que reforça as características descritas dos modelos empregados nesta planta industrial. O volume se destaca pela sua proporção e simplicidade de composição.



**Figura 5. 64:** Catálogo de modelo de edifício de ferro para várias finalidades.

Fonte: Isaac Dixon & Co's 1885, apud Mornement et al, 2007.



**Figura 5. 65:** Prédio da Modelagem - Mina de Morro Velho, Nova Lima.

Fonte: Acervo Pessoal - (março/2011)

As estruturas de cobertura adquiriram formas variadas e não há uma padronização e modelo característico como os sheds que marcaram a tipologia das fábricas de tecidos. Os modelos são diversos e em pesquisa iconográfica foi possível observar tipos similares aos encontrados na Mina de Morro Velho.

A tesoura formada por perfis compostos em chapas e cantoneiras fixadas por rebites foi empregada em três dos galpões da Mina de Morro Velho (figura 5.66) e pode ser observada também na Oficina Trajano de Medeiros, no Rio de Janeiro (figura 5.67).



**Figura 5. 66:** Modelo Tesoura Mecânica Galpão A1, Boca da Mina e Almoxarifado.

Fonte: Acervo Pessoal - (15/06/12)



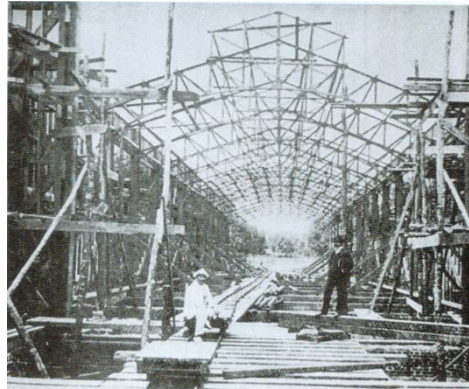
**Figura 5. 67:** Oficina Trajano de Medeiros

Fonte: Fotografia João Bosco Setti Rodriguez, 2004.

O tipo de tesoura executada na Fundição Ferro e Bronze (figura 5.68), se assemelha à estrutura empregada, embora de forma mais elaborada e com banzo inferior arqueado, no Pavilhão da Exposição Preparatória de 1909 (figura 5.69), registrada por Kühl (1998).

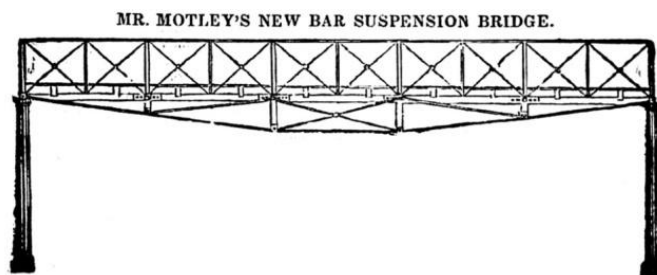


**Figura 5. 68: Tesoura do galpão da Fundação Ferro e Bronze**  
**Fonte: Acervo Pessoal - (15/06/12)**



**Figura 5. 69: Pavilhão da Exposição Preparatória de 1909 em Turim.**  
**Fonte: Kühl (1998).**

Em 1830, Thomas Motley apresentou sua idéia para a ponte suspensa em Liverpool, como sugestão de modelo adequado para as estradas de ferro (figura 5.70). Este tipo de arranjo estrutural difundiu-se também em soluções estruturais de tesouras e foi empregado nas instalações das Minas de Morro Velho, em geral nas alas laterais das edificações (figura 5.71).



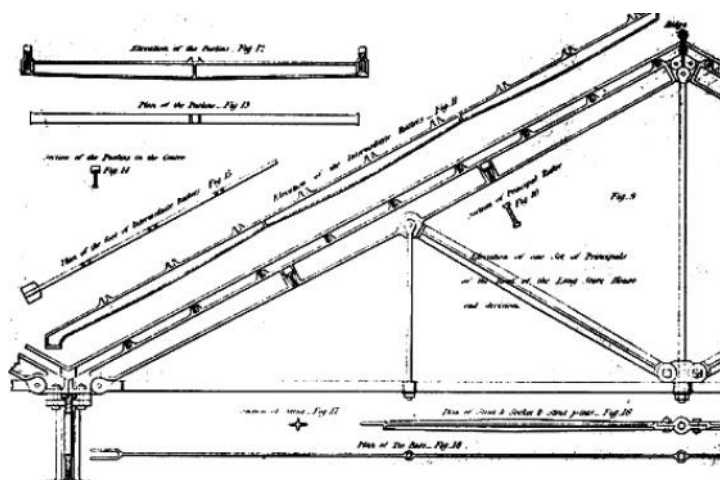
**Figura 5. 70: Modelo de viga vagão na Ponte Thomas Motley.**  
**Fonte: Jornal The Kaleidoscope, 1830, apud GUEDES (2010).**



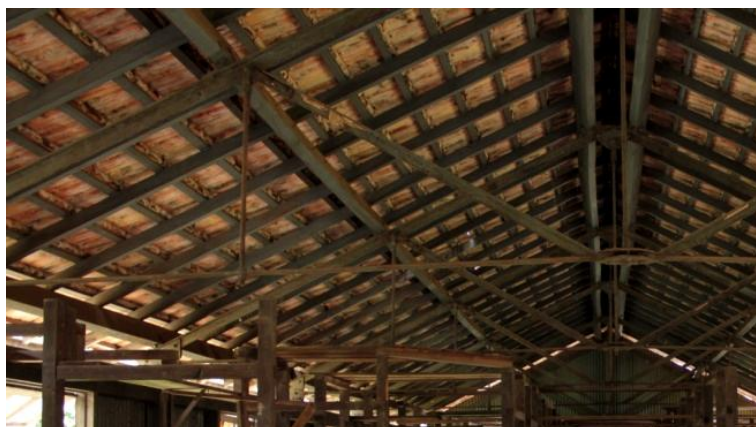
**Figura 5. 71: Viga vagão em ala lateral do galpão C da Mecânica - Mina de Morro Velho.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal - (março/2011)**

A figura 5.72 ilustra um modelo de tesoura em ferro fundido erguido para um estaleiro naval da Marinha em Devonport, desenho atribuído a Rennie. Essa treliça se tornou um modelo

reproduzido largamente. cujo desenho assemelha-se ao encontrado no prédio da Modelagem, nas instalações da Mina de Morro Velho (figura 5.73).



**Figura 5. 72: Modelo tesoura para estaleiro naval em Devonport.**  
**Fonte: Professional Papers of the Corps of Royal Engineers, vol. 4, 1840, apud GUEDES (2010).**



**Figura 5. 73: Tesoura prédio da Modelagem - Mina de Morro Velho.**  
**Fonte: Arquivo Pessoal - (15/06/12)**

As edificações pré-fabricadas de aço traduzem a modernidade e o progresso que caracterizava o período. As instalações da Mina de Morro Velho se destacam por constituir um conjunto característico dos modelos industrializados e pré-fabricados, em que se utilizou o metal como principal elemento construtivo. Pode-se afirmar que este modelo importado se adequou à finalidade proposta para as atividades da Mina, onde a racionalidade e padronização expressas nas estruturas metálicas, além de traduzir o progresso e a modernidade, possibilitou vencer grandes vãos com uma estrutura mais leve. Entre outras razões, a escolha pelo emprego desta arquitetura certamente se deu em função da rapidez na montagem, possibilidade de desmonte e economia, por se tratar de material disponível no mercado a baixo custo.

## 5.2 – Análise Qualitativa dos Dados






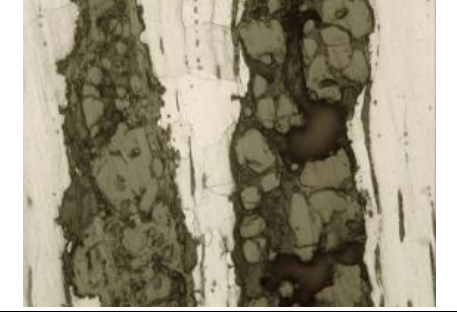


### 5.2.1 – Interpretação dos Dados Laboratoriais

As estruturas selecionadas por amostragem proporcionaram o reconhecimento de quatro metais com características diferentes: o ferro fundido, o ferro pudlado, o aço baixo carbono e o aço médio carbono. Em se tratando dos avanços tecnológicos na área siderúrgica, podemos dispor esses metais dentro de um escala evolutiva. O ferro fundido predominou durante o final do século XVIII e início do XIX (SILVA, 1986), quando entra no mercado o ferro obtido por meio do processo de pudlagem. Segundo Kühl (1998) inicialmente o ferro pudlado seria martelado, sendo introduzida a laminação, em maior escala, a partir de meados de 1840. O ferro pudlado foi sendo gradativamente substituído pelo aço, a partir de 1856, com a invenção do forno Bessemer, e se estabeleceu com as sucessivas evoluções em seu processo de fabricação.

Algumas características visuais podem levar a uma suposta identificação dos metais, porém para uma correta e exata classificação tornam-se necessários exames de laboratório, para que, através de sua composição química e análise metalográfica, se possa reconhecer o material. A exata identificação destes materiais foi importante para melhor conhecimento de suas propriedades, o que levou a um diagnóstico mais preciso e, por conseguinte, um prognóstico mais consciente em se tratando de indicação de possíveis métodos de tratamento, consolidação ou reforço estrutural.

A tabela 5.3 foi elaborada com o propósito de se estabelecer um quadro comparativo das diversas propriedades dos materiais relacionados neste trabalho. As características apresentadas mostram que o ferro fundido se caracteriza pelo alto teor de carbono, o que confere ao material grande dureza e fragilidade, porém boa resistência à compressão. Por apresentar alto teor de carbono não é soldável, o que dificulta a recuperação da peça quando fraturada. Nota-se que pela escala evolutiva dos meios de fabricação, o ferro pudlado foi obtido pela "descarburização" do ferro fundido, o que resultou em um material de baixíssimo teor de carbono, portanto extremamente macio. O processo ainda rudimentar resultou em um material com significativa impureza (escórias) e alto teor de fósforo, sendo este o elemento que confere certa resistência mecânica ao material. O aço baixo carbono difere do ferro pudlado essencialmente por não conter escórias. O aço médio carbono já se apresenta com características mais aproximadas aos aços atualmente fabricados e disponíveis no mercado.

**Tabela 5. 3: Quadro comparativo das propriedades dos materiais**

<p><b>Ferro fundido cinzento</b> Coluna Fábrica de Tecidos Ouro Preto</p>	<p><b>Ferro pudlado</b> Galpão A1 Mecânica Morro Velho, Nova Lima</p>	<p><b>Aço baixo carbono</b> Amostra 02 - Pilar Galpão C Oficina - Belgo Mineira, Sabará</p>	<p><b>Aço médio carbono</b> Amostra 05 - Pilar Galpão G Década 1960 - Belgo Mineira, Sabará</p>
			
<p>Fotomicrografia; Sem ataque; 400x</p>	<p>Fotomicrografia; Nital 2%; 400x</p>	<p>Fotomicrografia; Nital 2%; 200x</p>	<p>Fotomicrografia; Nital 2%; 200x</p>
			
<p>Fotomicrografia; Ataque nital 2%; 800x</p>	<p>Fotomicrografia; Nital 2%; 400x</p>	<p>Fotomicrografia; Nital 2%; 1000x</p>	<p>Fotomicrografia; Nital 2%; 1000x</p>
<p><b>Análise:</b> Ferro Fundido Cinzento - Química: C (3,905); Si (1,395) C acima 2%, Silício responsável por decompor parte cementita. - Metalográfica: Carbono - combinado (Fe<sub>3</sub>C –cementita) e carbono grafítico (grafita). Presença de cementita, perlita e fundo em grãos de ferrita. Características: Dureza, pouca ductilidade, resiste bem a compressão.</p>	<p><b>Análise:</b> Ferro Pudlado - Química: C (0,005); P (0,442) Baixíssimo teor de C e alto teor de P, que confere certa resistência mecânica e à corrosão, além de melhor usinabilidade. - Metalográfica: Constituído de grãos de ferrita e escórias alongadas (impurezas). Característica: Essencialmente macio. A segregação do fósforo atribui fragilidade ao material.</p>	<p><b>Análise:</b> Aço baixo carbono - Química: C (0,033) Baixo teor de C. - Metalográfica: Constituído de grãos de ferrita. Presença de inclusões (impurezas). Grãos poligonais, aparentemente recristalizados a quente por laminação. Característica: Aço extra doce, macio e dúctil.</p>	<p><b>Análise:</b> Aço baixo carbono - Química: C (0,326) Médio teor de C. - Metalográfica: Estrutura bandeada e anisotrópica. Constituída por grãos de ferrita (parte branca) e perlita (parte escura). Característica: Aço mais resistente mecanicamente, em comparação ao de baixo teor carbono da Amostra 02.</p>

### 5.2.2 – Principais Patologias Encontradas e Causas de Degradação

Já se sabe que a corrosão é a principal patologia que afeta a estrutura metálica e os resultados encontrados nos objetos estudados não foram diferentes. O processo de corrosão<sup>30</sup> ocorre de forma espontânea nos materiais metálicos, pois o mesmo é constituído por cátions e um "reservatório de elétrons", na maioria das vezes desencadeadas em condições atmosféricas. Em geral, a corrosão quando em estado avançado é de difícil controle, portanto a recomendação é tratar de forma preventiva para que possa ser controlada.

O tema corrosão é complexo e, por se tratar de uma pesquisa abrangente, seria muita pretensão esgotar o assunto. Por outro lado, não há como falar de preservação de estruturas metálicas sem mencionar esta questão. Sendo assim, após uma análise individual do estado de conservação das estruturas foi criada a Tabela 5.4, que apresentam quadros-resumo das principais patologias encontradas, estabelecendo-se uma compilação dos dados para que, a partir de uma análise geral, se possa estabelecer critérios e indicar possíveis soluções para manutenção, preservação e recuperação dessas estruturas.

A corrosão pode se estabelecer de diferentes formas e por diversos meios e causas. A vasta bibliografia a respeito do tema aponta diferentes abordagens da questão. Para sintetizar os casos apresentados, a tabela foi dividida da seguinte forma: corrosão uniforme, corrosão localizada e patologias diversas (fratura, flambagem, deformações e peças faltantes). Nos casos apresentados de corrosão uniforme é possível encontrar processos em que a corrosão ainda não ocorre "por igual" em toda a peça, mas na prática é assim considerada, pois se tornará com o tempo homogênea. Os casos considerados de corrosão localizada são macroscópicas. Outras patologias foram encontradas, em menor escala, tendo sido consideradas e resumidas em um único quadro, pois as soluções destas questões se tornam tão importantes quanto a corrosão.












As propriedades dos materiais foi importante para melhor entender as patologias encontradas, sendo também adotado como critério para organização da tabela, pois o reconhecimento do tipo de material pode esclarecer a origem da patologia e mesmo direcionar futuras proposições.

---












<sup>30</sup> Corrosão: Processo de deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente associada ou não a esforços mecânicos (GENTIL, 2007).



**Tabela 5. 4: Quadro resumo das principais patologias encontradas**

Ref.	Diagnóstico da Patologia	Corrosão ocorre de forma uniforme em toda a superfície, que perde por igual sua espessura			Material
1	Processo de corrosão uniforme				
A	Causada por influência do meio atmosférico. 1 - Uniforme, início de processo de corrosão. 2 - Corrosão uniforme mais acentuada na base.				Ferro Fundido Cinzento
A	Causada por influência do meio atmosférico e produtos químicos. 3 - Em frestas e bordas, por tensão na região dos parafusos ou contato entre metais diferentes. 4 e 5 - Uniforme, com perda de massa.				Ferro Fundido Cinzento
B	Causada por influência do meio atmosférico. 1 - Corrosão uniforme em todas as peças. 2 - Corrosão uniforme na chapa que compõe a mesa. 3 - Corrosão uniforme em todas as peças.				Ferro Puddledado
B	Causada por influência do meio atmosférico e acúmulo de agentes agressores nas junções das peças. 4 - Uniforme e em frestas. 5 - Uniforme e em frestas. 6 - Uniforme e em frestas.				Ferro Puddledado






**Tabela 5.4: Quadro resumo das principais patologias encontradas (continuação)**

Ref.	Diagnóstico da Patologia	Corrosão ocorre de forma uniforme em toda a superfície, que perde por igual sua espessura			Material
1	Processo de corrosão uniforme				
C	Causada por influência do meio atmosférico. 1 - Início de processo de corrosão uniforme 2 - Início de processo de corrosão uniforme 3 - Corrosão uniforme em toda a peça.				Ferro laminado ou aço (não definido)
C	Causada por influência do meio atmosférico. 4, 5 e 6 - Processo de corrosão generalizado, tendendo a se tornar uniforme;				Ferro laminado ou aço (não definido)
D	Causada por influência do meio atmosférico. 1 - Corrosão uniforme em todo perfil. 2 - Corrosão uniforme em todo perfil. 3 - Início de processo de corrosão uniforme.				Aço Baixo Carbono
D	Causada por influência do meio atmosférico. 4 e 5 - Processo de corrosão mais acentuado no encontro com a alvenaria; 6 - Início de processo de corrosão uniforme.				Aço Baixo Carbono

**Tabela 5.4: Quadro resumo das principais patologias encontradas (continuação)**

Ref.	Diagnóstico da Patologia	Corrosão se desenvolve em local específico.			Material		
2	Processo de corrosão localizada						
A	Causada por acúmulo de sujidades, umidade e outros agentes agressores. 1 - Em frestas, ou tensão nos parafusos, ou contato materiais diferentes; 2 - Início em alguns pontos; 3 - Em pontos.				Ferro Fundido Cinzento		
B	Causada por acúmulo de sujidades, umidade e outros agentes agressores. 1 - Em frestas; 2 - Em frestas; 3 - Na água por agentes agressores e aeração diferencial.				Ferro Puddledado		
C	Causada por acúmulo de sujidades, umidade e outros agentes agressores. 1, 2 e 3 - Na base, em frestas; 4 - Encontro com alvenaria; 5 - Em frestas dos conectores.						Ferro laminado ou aço (não definido)
D	Causada por acúmulo de sujidades, umidade e outros agentes agressores. 1 - Produto de corrosão se desprende em lâminas; 2 - Corrosão com perda de massa (alveolar) 3 - Em frestas, por aeração diferencial; 4 - Perda de massa na base; 5 e 6 - Corrosão mais acentuada na base;				Aço Baixo Carbono		
					Aço		

**Tabela 5.4: Quadro resumo das principais patologias encontradas (continuação)**

Ref.	Diagnóstico da Patologia				Material
3	Diversos (fratura, flambagem, deformações e peças faltantes)				
A	Material se caracteriza pela dureza e não resiste ao impacto.  1 - Fratura na base; 2 - Reforço de concreto na base; 3 - Fratura no capitel.				Ferro Fundido Cinzento
B	Material macio. A segregação do fósforo causa fragilidade em pontos. A trinca se desenvolve supostamente pelo processo de corrosão e fragilidade do local.  1, 2 e 3 - Fratura na chapa da mesa, no encontro com a cantoneira de fixação.				Ferro Pudlado
C	Provável - Aço.  1 - Instabilidade do conjunto; 2 - Deformação do pilar; 3 - Deformação da viga.				Ferro laminado ou aço (não definido)
D	Material macio, facilmente deformável.  1 e 2 - Fratura e deformações nos elementos de ligação (chapas e cantoneiras); 3 - Peças soltas ou faltantes.				Aço Baixo Carbono

Nota-se que, em geral, quando a estrutura se encontra protegida de intempéries e livre de agentes agressores, o estado de conservação das peças é melhor, como nas construções híbridas ou mesmo nos modelos de construções pré-fabricadas, que utilizam chapas corrugadas, cuja técnica construtiva consiste na fixação das chapas externamente, de forma a "envelopar" toda a estrutura. Os casos mais críticos se devem às estruturas expostas ao tempo e aos agentes agressores, como o caso do Almojarifado, antiga Fábrica de Cadinhos, em Morro Velho (Nova Lima), onde a base da estrutura por diversas vezes encontra-se imersa em meio aquoso. Também é o caso da estrutura do porão da Fábrica de Tecidos (Ouro Preto) que, supostamente foi atacada e teve processo de corrosão acelerado pelos produtos químicos utilizados na tinturaria.

Vale ressaltar que os processos de corrosão localizada são mais prejudiciais do que os que acontecem de forma uniforme, pois a perda de massa ocorre de forma mais acelerada, podendo comprometer a estabilidade da estrutura. A corrosão uniforme é mais comum e mais fácil de ser controlada. Os exemplos mostram muitos casos de corrosão localizada, provenientes de acúmulo de sujidades, umidade e agentes agressores. Este caso se torna comum nas antigas estruturas formadas por perfis compostos, que acabam por gerar frestas nas diversas junções das peças, locais propícios para desenvolver essa patologia. Em geral as áreas destinadas aos conectores, sejam eles rebites ou parafusos, estão sujeitas a corrosão localizada. Outra questão é a falta de detalhes construtivos para as bases das estruturas, muitas vezes favoráveis ao acúmulo de umidade e sujidades.

A manutenção dos edifícios também se mostra como uma questão de suma importância, e algumas patologias encontradas são causadas por má conservação da cobertura, elemento fundamental na proteção das construções. O processo de corrosão encontrado nos pilares da Oficina Mecânica da Belgo Mineira (Sabará) é proveniente de umidade causada por infiltração pelo telhado, que se complicou pela inserção de uma alvenaria no encontro com os pilares, favorecendo a retenção de umidade no local. Os problemas como fratura, flambagem, deformações e peças faltantes são provenientes de causas variadas, que podem estar relacionadas às atividades que foram exercidas no local, deficiências em projeto ou intervenções posteriores, falta de manutenção, fragilidade do material, sobrecarga, impactos, entre outros.

### 6.1 – Critérios, Parâmetros e Procedimentos para Preservação

Este trabalho está voltado a salvaguarda de exemplares industriais considerados “Patrimônio Cultural” por justificativas históricas e tipológicas já relatadas, e essa questão se torna ainda mais complexa, quando o que está em jogo é a preservação de um “passado” relativamente recente. Por se tratar de questões relacionadas à conservação, manutenção e preservação de bens culturais, tornam-se necessários conhecimentos dos parâmetros e critérios adotados pelos órgãos de preservação, fruto de pelo menos dois séculos de teoria e discussão.

Camilo Boito já alertava, há mais de um século, que para *"bem restaurar é necessário amar e entender o monumento"*. (KÜHL, 2005/2006).

Já no final do século XIX, Camilo Boito propõe uma teoria conhecida como “Restauro Moderno”, com ideias intermediárias entre o “Restauro Estilístico” de Viollet-le-Duc e o “Restauro Romântico” de Ruskin. Boito defendia o preceito da autenticidade e valorização da história da edificação, considerando necessário preservar as modificações ocorridas ao longo do tempo, optando por consolidar a restaurar. Para ele, as intervenções deveriam estar sempre respaldadas por documentos.

Diversas foram as correntes e discussões ao longo do século XX, mas é certo que, independente do posicionamento teórico, de fundamental importância é o conhecimento pleno do bem cultural, em diversas esferas e atividades multidisciplinares, e neste aspecto, este trabalho envolve a pesquisa histórico-documental, iconográfica, bibliográfica, levantamentos arquitetônicos, registros fotográficos, análises tipológicas e formais, estudos dos materiais e sistemas estruturais, além do diagnóstico de suas patologias.

Gustavo Giovannoni reelabora as teorias de Camilo Boito, na década de 1930, enfatizando a importância de se conhecer os valores históricos e documentais do monumento, em detrimento a valores estéticos e artísticos, teoria que ficou conhecida com a do “restauro científico” e serviu como base para a elaboração da Carta de Restauro Italiana de 1932 e influenciou a Carta de Atenas de 1931. Giovannoni considera todas as fases de valor artístico pelas quais passou a construção, preferindo a consolidação e manutenção do bem, limitando as intervenções. Em sendo necessário acréscimo, este deve se diferenciar do material original, deve ser datado e documentado e ser livre de apropriações estilísticas. Embora seus preceitos

sejam revistos ao longo dos anos, de fundamental importância foi o reconhecimento e reflexão dos tipos de restauração como: restauro de consolidação; restauro de recomposição; restauro de liberação; restauro de complementação e restauro de inovação.

Após a Segunda Guerra Mundial, diante do quadro de destruição de muitas cidades e da tentativa em salvar e reconstruir muitos centros urbanos, novos rumos são dados aos debates sobre preservação e uma nova postura relativa aos procedimentos para restauração é instaurada. Como enfoque conceitual do período destaca-se a atuação e abrangência das teorias desenvolvidas por Cesare Brandi, italiano formado em direito e letras, crítico e filósofo da arte. Suas teorias são frutos da prática em projetos de restauração e o livro *Teoria da Restauração*, publicado em 1963, ainda hoje é considerado referência mundial. A teoria de Brandi se fundamenta no “Restauro Crítico” e descreve que a restauração deve ser precedida do reconhecimento do Objeto como “obra de arte”. A análise crítica deve abordar duas instâncias: estética e histórica, sendo que a primeira prevalece sobre a segunda. O termo restauração foi assim definido:

“o restauro constitui o momento metodológico do reconhecimento da obra de arte, na sua consistência física e na dupla polaridade estética e histórica, com vista à sua transmissão ao futuro.” (BRANDI, 2005)

Kühl (1998) descreve que Brandi ao discutir o conceito de *restauro* estabelece um esquema “pré-conceitual” de seguinte significado: “intervenções para dar de novo eficiência a qualquer produto da atividade humana”. Evolui o conceito, a fim de analisar que tipo de atividade humana se aplicava. “Tinha-se, assim, um restauro relativo a objetos industriais e um relativo a obras de arte. Em relação aos objetos industriais, o objetivo concentrava-se em restituir a funcionalidade do produto e a operação estaria voltada para esse fim”.

Brandi (2005) aborda em sua teoria alguns pontos fundamentais: somente se restaura a matéria; o espaço onde a edificação está inserida deve ser considerado; o tempo é dividido em momento da criação, trajetória do objeto e momento do restauro; e a importância pelo reconhecimento da Unidade Potencial do Objeto, ou seja, da sua essência, das características que fazem dele um objeto especial.

Nos anos 60 é estabelecida a Restauração Crítico-Criativa, teoria inicialmente idealizada pelos professores italianos Roberto Pane e Renato Bonelli, baseada nas recomendações de Cesare Brandi. Fundamenta-se no critério que a restauração deve consistir um ato crítico e

criativo. A partir de um juízo de valor, que reconhece as características do objeto e propõe limites e parâmetros de intervenção, é determinado o ato criativo que consiste na busca pela recomposição da Unidade Potencial, sem que haja falsificação. Essa teoria tem como premissa que, quanto mais íntegra a obra, mais limitada deverá ser a intervenção, ou em outras palavras, quanto mais descaracterizada a obra, maior será a liberdade de intervenção, porém as adições e complementações devem ser diferenciáveis e reversíveis. A ocupação do espaço é fundamental para garantia de sua preservação. Porém, o uso não deve ser a finalidade da restauração, devendo ser hóspede, ou seja, compatível com a edificação.

As teorias de Brandi são de tamanha importância e relevância que foram incorporadas à Carta de Veneza de 1964 e também influenciou a Carta de Restauo Italiana de 1972. A Carta de Veneza de 1964, documento do ICOMOS (Conselho Internacional de Monumentos e Sítios), apresenta princípios sobre a preservação de monumentos históricos e ainda hoje é considerada documento referencial, não sendo elaborada até então nenhuma carta que a substituísse. O que se tem feito são cartas complementares a elas como a Carta de Amsterdã de 1975 que amplia o conceito de preservação também para o planejamento urbano. Na definição de monumento histórico, de acordo com a Carta de Veneza, é dada maior abertura aos bens considerados de interesse cultural, como descrito no trecho abaixo:

“Passou-se, desse modo, a dar atenção não somente às obras de arte, mas ainda, como já preconizaram Ruskin, Morris e Riegl, às expressões que constituem testemunhos materiais portadores de valores significativos da operosidade humana e que possuem, essencialmente, interesse histórico, memorial e simbólico; uma vez reconhecidas como tal, são de interesse para a preservação, caso de muitos bens vinculados ao processo de industrialização” (KÜHL, 2008).

Entre muitos princípios que fundamentam a Carta de Veneza resumidamente destacam-se:

- toda reintegração deve ser diferenciada e marcada;
- a restauração acaba quando começa a hipótese;
- as intervenções devem ser reversíveis;
- deve haver respeito pela trajetória do objeto e os acréscimos devem respeitar o edifício e seu ambiente.

Entretanto, vale ressaltar que as cartas patrimoniais possuem caráter indicativo, se constituindo em documentos de caráter internacional, cujos parâmetros e critérios foram estabelecidos em determinada época, abrangendo um universo comum. Os preceitos



estabelecidos nas cartas devem ser reinterpretados e incorporados de forma normativa pelos países, conforme a realidade local. No Brasil muito ainda precisa ser realizado e debatido.

Os princípios e critérios aqui descritos nortearam as proposições que serão apresentadas, e o conhecimento da evolução teórica ao longo dos anos estabelece uma maior clareza dos parâmetros e tomadas de decisão. Os objetos selecionados por amostragem foram apresentados nas esferas histórica e tipológica e o cruzamento dos dados com a literatura mostra a importância da preservação destes exemplares, enquanto registro histórico e legado dos primórdios da industrialização, não apenas do Estado, mas do País. Além disso, os exemplares se mostram como testemunhos da evolução dos processos siderúrgicos, contemplando algumas técnicas não mais produzidas, como o ferro pudlado.

A tipologia arquitetônica se mostra como patrimônio arquitetônico representativo de um período de transição, onde os avanços tecnológicos conviviam com os estilos pretéritos do ecletismo, em um encontro entre a arte e a técnica. Soma-se a importância da arquitetura de catálogos que nasceu para atender ao mercado e toda evolução e desenvolvimento da época, numa repercussão mundial. Surpreendentemente, as tipologias que se estabeleceram caracterizam as atividades que ali foram desenvolvidas.

Esses e outros dados descritos justificam a preservação destes exemplares. Os antigos conjuntos industriais, aqui apresentados, vivem momentos distintos. Os antigos galpões da Cia Belgo Mineira em Sabará encontram-se desocupados, dentro dos limites do terreno da atual empresa ArcelorMittal Brasil, que hoje opera em novos galpões. A empresa AngloGoldAshanti acaba de desenvolver um plano de gestão patrimonial, para diagnosticar e propor diretrizes, para guarda e manutenção de todo patrimônio da Mina de Morro Velho em Nova Lima, desativada desde 1998. Um plano de requalificação urbana denominado “Gold City” foi desenvolvido, o que demonstra o empenho no sentido da preservação deste conjunto. A antiga Companhia Industrial Ouropretana, fábrica de tecidos, encerrou as atividades em 1999 e encontra-se em obras para instalação de um Centro Municipal de Eventos. Essas ações mostram que já existe uma preocupação e movimento na salvaguarda deste Patrimônio Industrial.

A permanência destes bens depende não apenas de um adequado projeto de restauração, mas também do novo uso proposto, que deve enquadrar-se dentro de uma nova realidade econômica, social e cultural. Sendo assim, a ocupação é de fundamental importância para a

garantia e perenidade destas edificações. Entretanto, toda prática de preservação deve embasar-se nas teorias e diretrizes propostas pelas cartas patrimoniais. O programa proposto deve ser "hospedeiro" do espaço, o que significa que o novo uso deve ser compatível com a edificação, sem maiores intervenções.

Cabe destacar que a preservação destes espaços depende de um amplo projeto, que envolva uma equipe multidisciplinar, para que seja proposta uma intervenção adequada e responsável, embasada nos critérios de preservação e em um plano de gestão, que atenda às reais necessidades e contemple uma utilização adequada e viável economicamente.

Os conjuntos industriais tem como fator positivo a localização do empreendimento, pois os bens geralmente se inserem dentro da cidade, em locais de fácil acesso. Muitos núcleos urbanos se desenvolveram em torno destes centros industriais, como é o caso da Mina de Morro Velho em Nova Lima. Outro fator de relevância é o porte das edificações, que se mostram com grande potencial para implantação de empreendimentos culturais ou mesmo de veículo cultural. Os espaços se revelam apropriados a diversos usos e a sua manutenção, conservação e reabilitação, acaba por transformá-los em uma nova fonte econômica para o município.

Em se tratando de um "Bem Patrimonial", de interesse de preservação, a elaboração de um projeto arquitetônico se diferencia de um modelo convencional, pois existem valores importantes a serem preservados, como aspectos históricos, simbólicos, culturais, sociais, estéticos, entre outros.

Tomando como base a teoria de Brandi (2005), as intervenções devem ser feitas a partir de uma leitura crítica do objeto, analisada através das instâncias estética e histórica, visando a transmissão ao futuro. Os seus conceitos se tornam fundamentais, pois não se restaura aquilo que não mais existe e jamais o objeto pode ser analisado isoladamente - está inserido em uma paisagem (ambiente gerador) - e deve ser compreendido em toda sua trajetória, não devendo nenhuma proposta ser definitiva (irreversível), ou mesmo imbuída de valores presentes. Somente a partir deste entendimento e da construção de um diagnóstico é possível estabelecer a "Unidade Potencial" do objeto.

A prática da Restauração Crítico Criativa incorpora e avança nestes conceitos, estabelecendo que a partir do conhecimento do objeto, se estabelece um juízo de valor, que definirá limites e

parâmetros de intervenção. Quanto mais íntegro o objeto, menor deverá ser a intervenção e, caso necessária, deve ser criativa, identificável e reversível.

O conhecimento dessas premissas é de fundamental importância e devem ser seguidas em projetos de interesse patrimonial. Assim como a edificação, o ambiente no qual a edificação esta inserida merece atenção, de forma a respeitar os aspectos históricos e a visibilidade do bem, além de evitar o adensamento do local e a descaracterização da paisagem urbana.

Sob esta ótica, a pesquisa levanta, analisa e cruza dados, construindo um diagnóstico, de forma a estabelecer a Unidade Potencial destes Bens, a fim de balizar futuras intervenções. Como descrito anteriormente, na Mina de Morro Velho em Nova Lima e na Fábrica de Tecidos em Ouro Preto já se podem verificar movimentos com o propósito de preservação. Desse modo, como Estudo de Intervenção para este trabalho, foi escolhido o conjunto dos antigos galpões da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, como "experimentação projetual" das diversas possibilidades de uso e programa.

Cabe destacar, que a revitalização e reabilitação do local envolvem duas questões distintas: em primeiro lugar, um *Estudo de Ocupação e Viabilidade Econômica*, que defina as reais demandas e necessidades, o que seria "problematização" suficiente para uma nova pesquisa; em seguida um adequado *Projeto Arquitetônico, baseado em Critérios e Parâmetros de Restauração*, de forma a estabelecer juízo de valor, que defina procedimentos adequados de intervenção no patrimônio edificado, e que proponha métodos seguros e eficientes para manutenção e conservação destas estruturas.

O Estudo de Intervenção, apresentado neste trabalho, tem como finalidade a segunda questão, tratando-se de uma proposta arquitetônica, como forma de aplicação dos conceitos e critérios patrimoniais aqui abordados; sendo o programa de uso estabelecido por "vocação", mas apenas como "simulação", tendo em vista que, para uma real proposta de ocupação, seria necessário estudo de viabilidade aprofundado, além de um plano de gestão e manutenção, visando a sustentabilidade da proposta.

## 6.2 – Métodos de Tratamento e Medidas Preventivas

No capítulo 5 foi apresentado um quadro síntese das principais patologias encontradas, organizadas a partir dos tipos de material. A partir deste quadro são relacionados alguns procedimentos como forma de tratamento e medidas preventivas. Não se pretende resolver os problemas apresentados, mesmo porque, um projeto de restauração de uma edificação envolve outros aspectos construtivos gerais, como fundação, cobertura, vedação, esquadrias, acabamentos, entre outros. As soluções aqui indicadas visam estabelecer procedimentos básicos para salvaguarda das estruturas, e até mesmo medidas corretivas e preventivas. Mas cabe destacar, que a indicação dos procedimentos pressupõe que a edificação seja contemplada de forma global, onde todas as questões sejam equacionadas em projeto específico e detalhado.

Especial atenção deve ser dada à necessidade da manutenção periódica. Essa recomendação é de tamanha importância que consta do Artigo 4º, da Carta de Veneza, de 1964:

"A conservação dos monumentos exige, antes de tudo, manutenção permanente."

A corrosão se apresenta como a patologia mais recorrente e as principais medidas de conservação e manutenção implicam em afastar e proteger a superfície metálica do meio corrosivo, que contém o "eletrólito", no caso a água. Os procedimentos em geral partem de soluções de projetos, que devem evitar a formação de celas de aeração diferencial<sup>31</sup>, que podem acontecer das mais variadas formas, em frestas e depósitos de umidade e sujidades (agentes agressores). Além de detalhes adequados de projeto, o principal meio de proteção é feito através da pintura industrial.

Para aplicação da pintura recomenda-se:

- treinamento de mão de obra;
- escolha adequada da tinta e compatibilidade entre tinta de fundo e de acabamento;
- definição adequada de espessura e número de demãos, o que vai resultar na espessura da película de proteção;
- atendimento das recomendações do fabricante de tintas;

---

<sup>31</sup> Celas de aeração diferencial: causadas por diferenças de oxigenação do eletrólito. Pode se desenvolver em qualquer situação onde a água estiver em contato com uma superfície. Cuidado deve ser tomado para se prevenir ingresso da água em áreas onde ela possa ficar retida. Como prevenção, frestas potenciais devem ser preenchidas com selantes e sempre que possível devem ser feitos furos de drenagem. A ventilação das áreas também é importante para evaporação da água (PANONNI, 2007).

- preparo da superfície, não pintar sobre superfícies sujas, molhadas ou corroídas;

As condições ambientais devem ser consideradas na escolha da tinta e também no momento da aplicação. A pintura deve ser realizada em condições de umidade relativa abaixo de 60% e temperatura acima de 10°C. Quanto à tinta a ser utilizada, as estruturas expostas ao sol devem possuir esquema especial de pintura com tinta de fundo à base de epóxi e acabamento em poliuretano alifático.

Quando se trata de manutenção e conservação de estruturas metálicas de interesse de preservação, o assunto se torna ainda mais complexo, pois estão envolvidos também fatores históricos e estéticos. Em antigas estruturas é recorrente a presença de frestas na conformação das colunas em ferro fundido, nos perfis compostos, geralmente de ferro pudlado unidos por rebites e, mais recentemente, na composição de perfis em aço laminado, sendo muito comum o emprego de dois perfis "U", ou mesmo de chapas unidas por cantoneiras, para formar uma seção em "I". A preservação destes meios de ligação se torna indispensável, considerando que a "beleza" do sistema estrutural também se manifesta nestes detalhes construtivos. Como solução propõe-se vedação com selante (mastique) à base de poliuretano ou epóxi.

As bases das estruturas merecem especial cuidado, pois estes locais são favoráveis ao acúmulo de água e sujidades. Os perfis, chapas de bases e enrijecedores normalmente não apresentam solução para drenagem e possuem frestas e cavidades susceptíveis ao ataque. Considerando que a base muitas vezes conserva detalhes importantes de ligação, as medidas preventivas foram estudadas para cada caso apresentado. Nos objetos onde a estrutura possa ser protegida das intempéries por meio de vedação e/ou "afastada" do solo com contrapiso e acabamento, adota-se a limpeza, vedação com selante em frestas e pintura adequada, considerando-se que deverá ser adotada manutenção periódica.

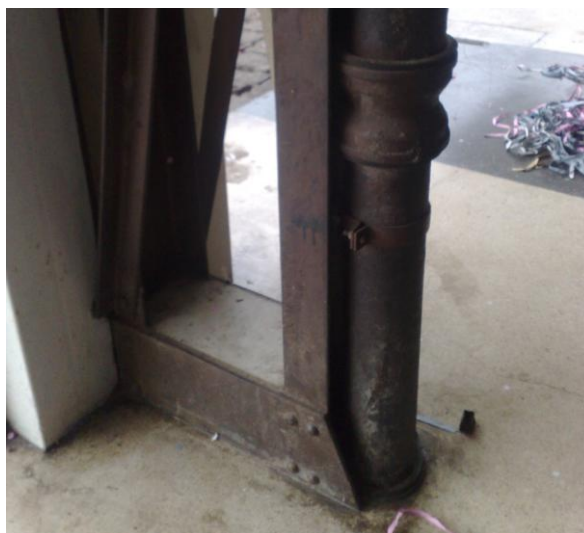
Sabe-se que na literatura, como indicado em Panonni (2007), é recorrente a recomendação para execução de base em concreto, como solução e medida corretiva e preventiva contra o ataque de agentes agressores. Entretanto, esta solução desconsidera os aspectos estéticos e técnicos que qualificam a base dos sistemas estruturais, dignos de preservação enquanto registro dos meios de ligação, conexão e montagem. Além disso, concreto e aço possuem propriedades diferentes, e as frestas geradas no encontro destes materiais se tornam locais também propícios ao acúmulo de água e sujidades, que por aeração diferencial, podem atacar

o metal. Sendo assim, esta solução foi indicada nos casos mais críticos, onde a base já recebeu intervenção em concreto e a sua remoção poderia comprometer a estrutura.

Em alguns casos é possível adotar uma solução intermediária. A Serraria Souza Pinto pode ser citada como um exemplo de restauração onde se optou por manter à vista a base original (figura 6.1), mas adotou-se como medida preventiva a vedação com concreto, entre as chapas, o que evita acúmulo de água na parte interna. A cantoneira de base foi coberta pelo contrapiso e acabamento. Neste caso, a manutenção periódica se torna fundamental, pois certamente o local recebe água para limpeza. Outro ponto que chama a atenção é a descida de água pluvial junto ao pilar que dificulta o acesso para limpeza e manutenção (figura 6.2).



**Figura 6. 1: Base do pilar metálico durante as obras na Serraria Souza Pinto/BH.**  
Fonte: IEPHA (1997)



**Figura 6. 2: Base do pilar da Serraria Souza Pinto/BH, registro feito em 2011.**  
Fonte: Acervo pessoal

Como preparo das superfícies, Gentil (2007) e Nunes et al.(1990) alertam que a limpeza por meio de equipamentos mecânicos ou manuais não removem completamente os produtos de corrosão, devendo ser utilizados apenas quando não houver possibilidade de executar uma limpeza mais eficiente por meio de jateamento abrasivo ou hidrojateamento. As medidas indicadas nos quadros seguem esta recomendação. Entretanto, cabe registrar que, na prática, a limpeza mecânica tem sido mais aplicada e viável. Recomenda-se utilizar ferramentas mecânicas como escova rotativa, martelões de agulhas e lixadeiras para agilizar o processo. Após a limpeza, a superfície deverá ser desengraxada com tricloroetileno, acetona e álcool antes de receber a tinta de fundo.

A importância da aplicação de medidas preventivas decorre do século XIX e, conforme descreve Kühl (1998), os tratados deste período já mostravam consciência sobre a necessidade da prevenção à oxidação.

"Definitivamente, a ferrugem é devida à ação da umidade atmosférica sobre o metal. Abrigando-o da umidade, suprime-se dessa forma, toda causa da ferrugem. O remédio é indicado, portanto, naturalmente, bastando recobrir a superfície do metal com uma substância isolante, impermeável à umidade." (VIERENDEEL<sup>32</sup>, 1890; apud KÜHL, 1998)

Vierendeel (1890) apud Kühl (1998) sugere métodos de tratamento como a esmaltagem, a oxidação Barff, a galvanização e a pintura, mas conclui que a pintura seria o procedimento mais prático e eficaz. Nota-se também a preocupação com a manutenção periódica, recomendando-se renovar a pintura de cinco em cinco anos.

Kühl (1998) registra ainda que, as principais recomendações feitas por Vierendeel e retomadas por Cloquet<sup>33</sup> são:

- a) Os ferros serão recobertos por uma camada de óleo de linhaça fervido antes de sair do local de laminação, e levados protegidos por encerados ao local de trabalho.
- b) O trabalho será feito em ateliê coberto; depois, será retirada por meio de escovas de aço a camada de óleo de linhaça ao mesmo tempo que as lascas da malhação; o todo será enfim coberto por uma camada de pintura à base de minio de ferro, e posteriormente, proceder-se-á à junção e à rebitagem.
- c) Após essa operação, todas as juntas das chapas, cantoneiras e rebites serão vedadas cuidadosamente com mástique e, sobre a totalidade, serão aplicadas duas novas demãos de pintura à base de minio de ferro ou de chumbo; as peças poderão ser expedidas ao local de montagem.
- d) Uma vez montada a estrutura, proceder-se-á a novo emprego de mástique e essa operação é a mais importante de todas; aplicar-se-ão, em seguida, sobre a obra, duas camadas de pintura à base de cerusita e de uma tinta qualquer."

A tabela 6.1 apresenta Indicações de Métodos de Tratamento e Medidas Preventivas, referenciadas conforme o Quadro Resumo de Patologias, Tabela 5.4, inserida no Capítulo 5.

Na tabela 6.2 são apresentados alguns detalhes construtivos relacionados às indicações de Métodos de Tratamento e Medidas Preventivas da Tabela 6.1.

---

<sup>32</sup> Arthur Vierendeel. *L'Architecture Métallique au XIXe Siècle et l'Exposition. de 1889, a Paris, Bruxelles*, Ramlot, 1890, p.81; apud Kühl (1998).

<sup>33</sup> L. Cloquet, *Traité d'Architecture*, 5 vols., Paris, Baudry, 1898-1902, v.2, p.392; apud Kühl (1998).

**Tabela 6. 1: Indicação de Métodos de Tratamento e Medidas Preventivas**

Ref.	Local	Grau de Degradação	Procedimentos
1 A1 1 A2	Pilares em Ferro Fundido do pavimento térreo  Fábrica de Tecidos de Ouro Preto	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceder limpeza com hidrojateamento à alta pressão, seguir norma SSPC-SP12/NACE No.5.</li> <li>- Recomenda-se que a pintura seja feita em até duas horas após a limpeza, pois a superfície sofre rápida oxidação.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de <i>primer</i> alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul>
1 A3 1 A4 1 A5	Pilares em Ferro Fundido do subsolo  Fábrica de Tecidos de Ouro Preto	Médio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceder limpeza com solvente.</li> <li>- Proceder limpeza com jateamento abrasivo, utilizando escória de fundição de cobre, até o grau de limpeza Sa 2 1/2 (metal quase branco), normas SIS 055900-1967; ISO 8501 e SSPC.</li> <li>- Preencher lacunas com massa à base de partículas de ferro associadas a resina epóxi.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de <i>primer</i> alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul>
1 B1 1 B2 1 B3 1 B4 1 B5	Pilares em Ferro Pudlado Perfis compostos  Galpão A1 - Oficina Mecânica e Ferraria Mina de Morro Velho Nova Lima	Baixo/ Médio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminar contato da estrutura com o solo, que deverá receber contrapiso e revestimento. O piso próximo à base deve receber caimento, de forma a evitar acúmulo de umidade junto à estrutura, conforme Det. 01.</li> <li>- Proceder limpeza com hidrojateamento à alta pressão, seguir norma SSPC-SP12/NACE No.5.</li> <li>- Recomenda-se que a pintura seja feita em até duas horas depois, pois a superfície sofre rápida oxidação.</li> <li>- Após a limpeza, vedar as juntas (frestas) com selante, utilizar mastique à base de poliuretano ou epóxi.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - uma demão de <i>primer</i> epoxídico curado com poliamida, pigmentado com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 50µm.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte epoxídico, na cor desejada, com espessura seca de 35µm por demão.</li> </ul> <p>Obs.: Esse esquema de pintura considera, que o galpão será restaurado e receberá fechamento lateral com a finalidade de proporcionar proteção contra intempéries.</p>
1 B6	Pilares em Ferro Pudlado Perfis compostos  Cobertura Boca da Mina Mina de Morro Velho Nova Lima	Médio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceder limpeza com hidrojateamento à alta pressão, seguir norma SSPC-SP12/NACE No.5.</li> <li>- Recomenda-se que a pintura seja feita em até duas horas depois, pois a superfície sofre rápida oxidação.</li> <li>- Após a limpeza vedar as juntas (frestas) com selante, utilizar mastique à base de poliuretano ou epóxi.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - uma demão de <i>primer</i> epoxídico curado com poliamida, pigmentado com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 120µm.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte poliuretânico alifático, na cor desejada, com espessura seca de 40µm por demão.</li> </ul> <p>Obs.: Esse esquema de pintura considera, que o galpão não receberá fechamento lateral.</p>



**Tabela 6.1: Indicação de Métodos de Tratamento e Medidas Preventivas (Continuação)**

Ref.	Local	Grau de Degradação	Procedimentos
1 C1	Pilar em perfil composto de aço e tesouras em cantoneiras  Fundição Ferro e Bronze Mina de Morro Velho Nova Lima	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceder limpeza com hidrojateamento à alta pressão, seguir norma SSPC-SP12/NACE No.5.</li> <li>- Recomenda-se que a pintura seja feita em até duas horas depois, pois a superfície sofre rápida oxidação.</li> <li>- Após a limpeza vedar as juntas (frestas) com selante, utilizar mastique à base de poliuretano ou epóxi.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul> <p>Obs.: Esse esquema de pintura considera, que o galpão receberá fechamento nas áreas expostas à intempéries. Caso parte da estrutura fique exposta, utilizar esquema de pintura 1 B6.</p>
1 C2 1 C3	Viga laminada em aço  Fábrica de Tecidos de Ouro Preto	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceder limpeza com solvente.</li> <li>- Proceder limpeza com jateamento abrasivo, utilizando escória de fundição de cobre, até o grau de limpeza Sa 2 1/2 (metal quase branco), normas SIS 055900-1967; ISO 8501 e SSPC.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul>
1 C4 1 C6	Perfil laminado em "ferro" ou aço  Mecânica e Ferraria Galpão D Mina Morro Velho	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceder limpeza com solvente.</li> <li>- Proceder limpeza com jateamento abrasivo, utilizando escória de fundição de cobre, até o grau de limpeza Sa 2 1/2 (metal quase branco), normas SIS 055900-1967; ISO 8501 e SSPC.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul> <p>Obs.: Esse esquema de pintura considera, que o galpão receberá fechamento nas áreas expostas à intempéries. Caso parte da estrutura fique exposta, utilizar esquema de pintura 1 B6.</p>
1 C5	Tesoura tipo Polonceau  Mecânica e Ferraria Galpão C Mina Morro Velho	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceder limpeza com hidrojateamento à alta pressão, seguir norma SSPC-SP12/NACE No.5.</li> <li>- Recomenda-se que a pintura seja feita em até duas horas depois, pois a superfície sofre rápida oxidação.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul>

**Tabela 6.1: Indicação de Métodos de Tratamento e Medidas Preventivas (Continuação)**

Ref.	Local	Grau de Degradação	Procedimentos
1 D1 1 D2	Pilar em aço baixo carbono  Vão ponte rolante Cia Belgo Mineira Sabará	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Primeira Opção: Proceder limpeza com solvente. Executar limpeza com jateamento abrasivo, utilizando escória de fundição de cobre, até o grau de limpeza Sa 2 1/2 (metal quase branco), normas SIS 055900-1967; ISO 8501 e SSPC.</li> <li>- Segunda Opção: Proceder limpeza mecânica com equipamentos manuais, conforme descrito em texto.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul>
1 D3	Pilar em aço  Galpão secundário Boca da Mina Mina de Morro Velho Nova Lima	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Primeira Opção: Proceder limpeza com solvente. Executar limpeza com jateamento abrasivo, utilizando escória de fundição de cobre, até o grau de limpeza Sa 2 1/2 (metal quase branco), normas SIS 055900-1967; ISO 8501 e SSPC.</li> <li>- Segunda Opção: Proceder limpeza mecânica com equipamentos manuais, conforme descrito em texto.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul>
1 D4 1 D5	Pilar em aço baixo carbono  Oficina Cia Belgo Mineira Sabará	Médio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Primeira Opção: Proceder limpeza com solvente. Executar limpeza com jateamento abrasivo, utilizando escória de fundição de cobre, até o grau de limpeza Sa 2 1/2 (metal quase branco), normas SIS 055900-1967; ISO 8501 e SSPC.</li> <li>- Segunda Opção: Proceder limpeza mecânica com equipamentos manuais, conforme descrito em texto.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul> <p>Obs.: Considerando proposta de restauração, eliminação da parede de encontro com o pilar.</p>
1 D6	Pilar em aço baixo carbono  Vão ponte rolante Cia Belgo Mineira Sabará	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Primeira Opção: Proceder limpeza com solvente. Executar limpeza com jateamento abrasivo, utilizando escória de fundição de cobre, até o grau de limpeza Sa 2 1/2 (metal quase branco), normas SIS 055900-1967; ISO 8501 e SSPC.</li> <li>- Segunda Opção: Proceder limpeza mecânica com equipamentos manuais, conforme descrito em texto.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul>

**Tabela 6.1: Indicação de Métodos de Tratamento e Medidas Preventivas (Continuação)**

Ref.	Local	Grau de Degradação	Procedimentos
2 A1	Pilar em ferro fundido Fábrica de Tecidos de Ouro Preto	Baixa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceder limpeza com hidrojateamento à alta pressão, seguir norma SSPC-SP12/NACE No.5.</li> <li>- Recomenda-se que a pintura seja feita em até duas horas depois, pois a superfície sofre rápida oxidação.</li> <li>- Ajustar parafusos. Caso necessário substituição ou reposição, utilizar peças de mesma dimensão e preferir parafusos galvanizados.</li> <li>- Após a limpeza vedar as juntas (frestas) com selante, utilizar mastique à base de poliuretano.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul>
2 A2 2 A3	Pilar em ferro fundido Fábrica de Tecidos de Ouro Preto	Baixa	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceder limpeza com hidrojateamento à alta pressão, seguir norma SSPC-SP12/NACE No.5.</li> <li>- Recomenda-se que a pintura seja feita em até duas horas depois, pois a superfície sofre rápida oxidação.</li> <li>- Preencher lacunas com resina epóxi.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul>
2 B1	Pilares em Ferro Pudlado Perfis compostos  Galpão A1 - Oficina Mecânica e Ferraria Mina de Morro Velho Nova Lima	Médio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceder limpeza com hidrojateamento à alta pressão, seguir norma SSPC-SP12/NACE No.5.</li> <li>- Recomenda-se que a pintura seja feita em até duas horas depois, pois a superfície sofre rápida oxidação.</li> <li>- Trocar peças com processo de corrosão já avançado, como no caso das cantoneiras, com perda de massa. Utilizar peças de mesma dimensão e aço baixíssimo teor de carbono, para evitar corrosão galvânica.</li> <li>- Utilizar parafusos galvanizados. Padrão Americano - Aço ASTM A325.</li> <li>- Vedar as juntas (frestas) com selante, utilizar mastique à base de poliuretano ou epóxi.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - uma demão de primer epoxídico curado com poliamida, pigmentado com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 50µm.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte epoxídico, na cor desejada, com espessura seca de 35µm por demão.</li> </ul> <p>Obs.: Esse esquema de pintura considera, que o galpão receberá fechamento lateral , proteção contra intempéries.</p>

**Tabela 6.1: Indicação de Métodos de Tratamento e Medidas Preventivas (Continuação)**

Ref.	Local	Grau de Degradação	Procedimentos
2 B2	Pilares em Ferro Pudlado Perfis compostos  Cobertura Boca da Mina Mina de Morro Velho Nova Lima	Médio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceder limpeza com hidrojateamento à alta pressão, seguir norma SSPC-SP12/NACE No.5.</li> <li>- Recomenda-se que a pintura seja feita em até duas horas depois, pois a superfície sofre rápida oxidação.</li> <li>- No pilares que já receberam intervenção em concreto, manter a base pois a remoção poderá comprometer a estrutura. Corrigir o alicerce existente em concreto, conforme Det.02.</li> <li>- De acordo com levantamento de campo, existe um único pilar onde a base não recebeu alicerce. Manter exposta a base deste pilar enquanto registro construtivo. Eliminar contato da estrutura com o solo, que deverá receber contrapiso e revestimento. O piso próximo à base deve receber caimento, de forma a evitar acúmulo de umidade junto à estrutura.</li> <li>- Vedar as juntas (frestas) com selante, utilizar mastique à base de poliuretano ou epóxi.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - uma demão de primer epoxídico curado com poliamida, pigmentado com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 120µm.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte poliuretânico alifático, na cor desejada, com espessura seca de 40µm por demão.</li> </ul> <p>Obs.: Esse esquema de pintura considera, que o galpão não receberá fechamento lateral.</p>
2 B3	Pilares em Ferro Pudlado Perfis compostos  Subsolo Almoxarifado/Antiga Fábrica de Cadinhos Mina de Morro Velho Nova Lima	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceder limpeza com hidrojateamento à alta pressão, seguir norma SSPC-SP12/NACE No.5.</li> <li>- Recomenda-se que a pintura seja feita em até duas horas depois, pois a superfície sofre rápida oxidação.</li> </ul> <p>Opção 01: Considerando que será eliminado meio aquoso. (melhor opção)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Trocar peças em processo de corrosão já avançado, como no caso das cantoneiras, com perda de massa. Utilizar aço baixo carbono, com mesmas dimensões e propriedades químicas (mesmo potencial de eletrodo), para evitar corrosão galvânica.</li> <li>- Proceder reforço com chapa em aço baixo carbono nos locais degradados.</li> <li>- Vedar as juntas (frestas) com selante, utilizar mastique à base de poliuretano ou epóxi.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - uma demão de primer epoxídico curado com poliamida, pigmentado com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 120µm.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte poliuretânico alifático, na cor desejada, com espessura seca de 40µm por demão.</li> </ul> <p>Opção 02: Considerando estrutura em meio aquoso.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A estrutura não pode entrar em contato com eletrólito (água).</li> <li>- Deve-se proceder isolamento do metal com revestimento cerâmico ou polimérico.</li> <li>- Executar uma base em concreto.</li> </ul>

**Tabela 6.1: Indicação de Métodos de Tratamento e Medidas Preventivas (Continuação)**

Ref.	Local	Grau de Degradação	Procedimentos
2 C1	Pilares em "Ferro" ou Aço laminado  Mecânica e Ferraria Galpão B Mina de Morro Velho Nova Lima	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminar contato da estrutura com o solo, que deverá receber contrapiso e revestimento. O piso próximo à base deve receber caimento, de forma a evitar acúmulo de umidade junto à estrutura, conforme Det. 03.</li> <li>- Proceder limpeza com solvente.</li> <li>- Proceder limpeza com jateamento abrasivo, utilizando escória de fundição de cobre, até o grau de limpeza Sa 2 1/2 (metal quase branco), normas SIS 055900-1967; ISO 8501 e SSPC.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul>
2 C2	Pilares em Aço  Galpão Fundição Ferro e Bronze Mina de Morro Velho Nova Lima	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trocar chapa de base e fixar novamente os parafusos. Caso seja necessário substituir os conectores, utilizar parafusos galvanizados e de mesma dimensão. Padrão Americano - Aço ASTM A325.</li> <li>- Cobrir a chapa de base com piso e executar caimento, para evitar acúmulo de água, conforme Det. 04.</li> <li>- Solucionar sistema de vedação para proteção à intempéries.</li> <li>- Proceder limpeza com hidrojateamento à alta pressão, seguir norma SSPC-SP12/NACE No.5.</li> <li>- Recomenda-se que a pintura seja feita em até duas horas depois, pois a superfície sofre rápida oxidação.</li> <li>- Vedar as juntas (frestas) com selante, utilizar mastique à base de poliuretano ou epóxi.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul>
2 C3	Pilares em Aço  Modelagem Mina de Morro Velho Nova Lima	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceder limpeza no porão alto, abaixo do tabuado, e eliminar qualquer possibilidade de infiltração por capilaridade.</li> <li>- Proceder limpeza com solvente na estrutura.</li> <li>- Proceder limpeza com jateamento abrasivo, utilizando escória de fundição de cobre, até o grau de limpeza Sa 2 1/2 (metal quase branco), normas SIS 055900-1967; ISO 8501 e SSPC.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul> <p>Obs.: Os pilares da extremidade da fachada que ficarem expostos devem receber cuidados especiais para evitar acúmulo de água e o esquema de pintura para estruturas expostas deverá ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar tinta de fundo - uma demão de primer epoxídico curado com poliamida, pigmentado com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 120µm. Aplicar tinta de acabamento em duas demãos de esmalte poliuretânico alifático, na cor desejada, com espessura seca de 40µm por demão.</li> </ul>

**Tabela 6.1: Indicação de Métodos de Tratamento e Medidas Preventivas (Continuação)**

Ref.	Local	Grau de Degradação	Procedimentos
2 C4	Pilar da fachada posterior em perfis compostos de aço  Fundição Ferro e Bronze Mina de Morro Velho Nova Lima	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminar qualquer possibilidade de retenção de água, remover a alvenaria inserida no pilar.</li> <li>- Proceder limpeza com hidrojateamento à alta pressão, seguir norma SSPC-SP12/NACE No.5.</li> <li>- Recomenda-se que a pintura seja feita em até duas horas depois, pois a superfície sofre rápida oxidação.</li> <li>- Solucionar sistema de vedação, de forma a não acumular água.</li> <li>- Vedar as juntas (frestas) da estrutura com selante, utilizar mastique à base de poliuretano ou epóxi.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul> <p>Obs.: Caso o pilar fique exposto, modificar esquema de pintura para o descrito em 2B2.</p>
2 C5	Viga de borda em perfil laminado, exposto à intempéries  Fábrica de Tecidos Ouro Preto	Médio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceder limpeza com solvente.</li> <li>- Proceder limpeza com jateamento abrasivo, utilizando escória de fundição de cobre, até o grau de limpeza Sa 2 1/2 (metal quase branco), normas SIS 055900-1967; ISO 8501 e SSPC.</li> <li>- Verificar ajuste dos parafusos. Caso seja necessário substituir os conectores, utilizar parafusos galvanizados e de mesma dimensão. Padrão Americano - Aço ASTM A325.</li> <li>- Vedar as juntas (frestas) do parafuso com selante, utilizar mastique à base de poliuretano ou epóxi.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - uma demão de primer epoxídico curado com poliamida, pigmentado com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 120µm.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte poliuretânico alifático, na cor desejada, com espessura seca de 40µm por demão.</li> </ul>
2 D1	Perfis em "U" laminado do pilar 04 - aço baixo carbono  Vão ponte rolante Cia Belgo Mineira Sabará	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escorar a estrutura e remover a base em concreto.</li> <li>- Cortar o trecho comprometido da base das duas peças em perfil "U", e substituir por perfil em aço de baixo carbono, seção "U" perfil laminado padrão americano 152 x 23,1. Executar solda contínua com eletrodo manual revestido, ligação de topo, solda de entalhe com penetração total.</li> <li>- Substituir as barras de ligação comprometidas, por chapas de mesma dimensão em aço carbono e fixar com parafuso galvanizado. Padrão Americano - Aço ASTM A325.</li> <li>- Eliminar contato da estrutura com o solo, que deverá receber contrapiso e revestimento. O piso próximo à base deve receber caimento, de forma a evitar acúmulo de umidade junto à estrutura, conforme Det. 05.</li> <li>- Proceder limpeza com solvente. Proceder limpeza com jateamento abrasivo, utilizando escória de fundição de cobre, até o grau de limpeza Sa 2 1/2 (metal quase branco), normas SIS 055900-1967; ISO 8501 e SSPC.</li> <li>- Vedar as juntas (frestas) dos perfis e conectores com selante, utilizar mastique à base de poliuretano ou epóxi.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - uma demão de primer epoxídico curado com poliamida, pigmentado com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 120µm.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte poliuretânico alifático, esp.seca de 40µm por demão.</li> </ul>

**Tabela 6.1: Indicação de Métodos de Tratamento e Medidas Preventivas (Continuação)**

2 D2	<p>Perfil em "U" laminado do pilar 06 - aço baixo carbono</p> <p>Vão ponte rolante Cia Belgo Mineira Sabará</p>	Médio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escorar a estrutura e remover a base em concreto.</li> <li>- Eliminar contato da estrutura com o solo, que deverá receber contrapiso e revestimento. O piso próximo à base deve receber caimento, de forma a evitar acúmulo de umidade junto à estrutura, conforme Det. 05.</li> <li>- Trocar cantoneiras comprometidas por perfil laminado Padrão Americano 76 x 76 e fixar com parafuso galvanizado. Aço ASTM A325.</li> <li>- Proceder limpeza com solvente.</li> <li>- Proceder limpeza com jateamento abrasivo, utilizando escória de fundição de cobre, até o grau de limpeza Sa 2 1/2 (metal quase branco), normas SIS 055900-1967; ISO 8501 e SSPC.</li> <li>- Vedar as juntas (frestas) dos perfis e conectores com selante, utilizar mastique à base de poliuretano ou epóxi.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - uma demão de primer epoxídico curado com poliamida, pigmentado com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 120µm.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte poliuretânico alifático, na cor desejada, com espessura seca de 40µm por demão.</li> </ul>
2 D3	<p>Perfil em "I" laminado do pilar 20 - aço baixo carbono</p> <p>Oficina Cia Belgo Mineira Sabará</p>	Médio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escorar a estrutura.</li> <li>- Cortar a mesa do perfil em processo de corrosão mais avançada e recuperar com chapa de aço baixo carbono. Proceder solda contínua, com eletrodo manual revestido.</li> <li>- Trocar cantoneiras comprometidas por perfil laminado Padrão Americano 76 x 76 e fixar com parafuso galvanizado. Aço ASTM A325.</li> <li>- Eliminar contato da estrutura com o solo, que deverá receber contrapiso e revestimento.</li> <li>- Proceder limpeza com solvente.</li> <li>- Proceder limpeza com jateamento abrasivo, utilizando escória de fundição de cobre, até o grau de limpeza Sa 2 1/2 (metal quase branco), normas SIS 055900-1967; ISO 8501 e SSPC.</li> <li>- Vedar as juntas (frestas) dos perfis e conectores com selante, utilizar mastique à base de poliuretano ou epóxi.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul>
2 D4	<p>Perfil em "I" laminado aço</p> <p>Galpão secundário Boca da Mina Mina de Morro Velho Nova Lima</p>	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escorar a estrutura.</li> <li>- Remover a chapa de base comprometida e substituir por chapa de aço baixo carbono. Proceder solda contínua, com eletrodo manual revestido.</li> <li>- Eliminar contato da estrutura com o solo, que deverá receber contrapiso e revestimento, conforme Det. 06.</li> <li>- Proceder limpeza com solvente.</li> <li>- Proceder limpeza com jateamento abrasivo, utilizando escória de fundição de cobre, até o grau de limpeza Sa 2 1/2 (metal quase branco), normas SIS 055900-1967; ISO 8501 e SSPC.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm.</li> </ul>

**Tabela 6.1: Indicação de Métodos de Tratamento e Medidas Preventivas (Continuação)**

Ref.	Local	Grau de Degradação	Procedimentos
2 D5 2 D6	Pilar da fachada lateral esquerda em aço  Galpão da Elétrica Mina de Morro Velho Nova Lima	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminar contato da estrutura com o solo e qualquer outra umidade.</li> <li>- Propor vedação para fachada lateral esquerda, de forma a proteger a estrutura de intempéries.</li> <li>- Executar contrapiso e revestimento.</li> <li>- Proceder limpeza com solvente e com jateamento abrasivo, utilizando escória de fundição de cobre, até o grau de limpeza Sa 2 1/2 (metal quase branco), normas SIS 055900-1967; ISO 8501 e SSPC.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul>
3 A1	Pilar em ferro fundido  Fábrica de Tecidos Ouro Preto	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cortar o trecho fraturado e completar a base da coluna por outra peça em ferro fundido de mesmo diâmetro. A solda deve ser cuidadosa. Soldar inicialmente a passes curtos (amanteigados), posteriormente passes de enchimento e acabamento.</li> <li>- Proceder limpeza com hidrojateamento à alta pressão, seguir norma SSPC-SP12/NACE No.5.</li> <li>- Recomenda-se que a pintura seja feita em até duas horas depois, pois a superfície sofre rápida oxidação.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, com espessura seca de 30µm por demão.</li> </ul>
3 A2	Pilares em ferro fundido do subsolo com base em concreto  Fábrica de Tecidos Ouro Preto	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escorar a estrutura e remover a base em concreto.</li> <li>- Completar a base da coluna por outra peça em ferro fundido de mesmo diâmetro. A solda deve ser cuidadosa. Soldar inicialmente a passes curtos (amanteigados), posteriormente passes de enchimento e acabamento.</li> <li>- Proceder limpeza com solvente.</li> <li>- Proceder limpeza com jateamento abrasivo, utilizando escória de fundição de cobre, até o grau de limpeza Sa 2 1/2 (metal quase branco), normas SIS 055900-1967; ISO 8501 e SSPC.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - duas demãos de primer alquídico longa em óleo, pigmentada com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 35µm por demão.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte sintético, na cor desejada, esp. seca de 30µm por demão.</li> </ul>
3 A3	Pilar em ferro fundido fachada do subsolo  Fábrica de Tecidos Ouro Preto	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peça com fratura deve apenas ser limpa e protegida pela exposição à intempéries.</li> <li>- Proceder limpeza com solvente e com jateamento abrasivo, utilizando escória de fundição de cobre, até o grau de limpeza Sa 2 1/2 (metal quase branco), normas SIS 055900-1967; ISO 8501 e SSPC.</li> <li>- Vedar as juntas (frestas), utilizar mastique à base de poliuretano ou epóxi.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - uma demão de primer epoxídico curado com poliamida, pigmentado com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 120µm.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte poliuretânico alifático, esp. seca de 40µm por demão.</li> </ul>



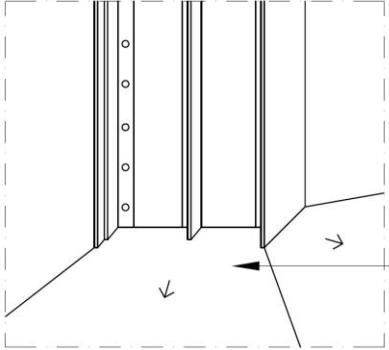
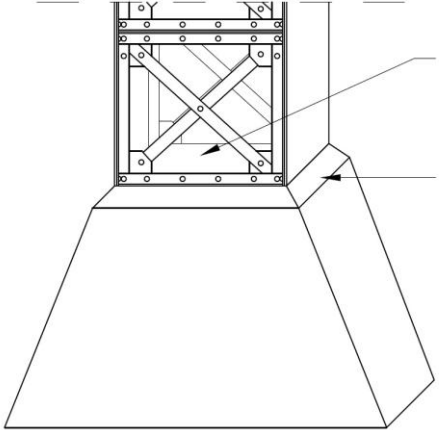
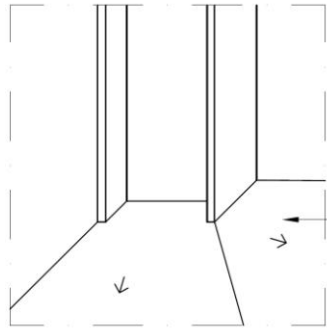
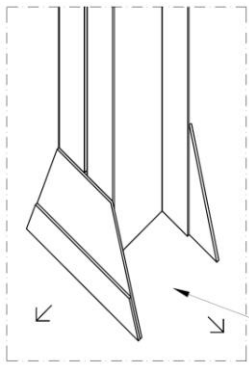
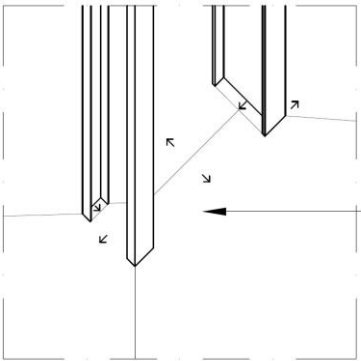
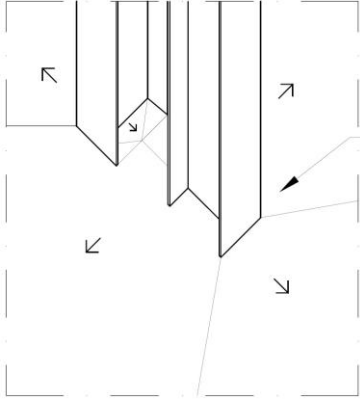
**Tabela 6.1: Indicação de Métodos de Tratamento e Medidas Preventivas (Continuação)**

Ref.	Local	Grau de Degradação	Procedimentos
3 B1	Pilares em ferro pudlado Galpão A1 Mecânica Mina de Morro Velho Nova Lima	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Executar reforço na parte interna com chapa em aço baixo carbono no local da fratura. Usar solda contínua de filete, com eletrodo manual revestido.</li> <li>- Proceder limpeza com hidrojateamento à alta pressão, seguir norma SSPC-SP12/NACE No.5.</li> <li>- Recomenda-se que a pintura seja feita em até duas horas depois, pois a superfície sofre rápida oxidação.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - uma demão de primer epoxídico curado com poliamida, pigmentado com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 50µm.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte epoxídico, na cor desejada, com espessura seca de 35µm por demão.</li> </ul>
3 B2	Pilares em ferro pudlado Galpão B - Almoxarifado Antiga Fábrica Cadinhos Mina de Morro Velho Nova Lima	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voltar a peça para o lugar e recuperar a estrutura com solda contínua, em filete, empregando processo de soldagem com eletrodo revestido.</li> <li>- Proceder limpeza com hidrojateamento à alta pressão, seguir norma SSPC-SP12/NACE No.5.</li> <li>- Recomenda-se que a pintura seja feita em até duas horas depois, pois a superfície sofre rápida oxidação.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - uma demão de primer epoxídico curado com poliamida, pigmentado com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 50µm.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte epoxídico, na cor desejada, com espessura seca de 35µm por demão.</li> </ul>
3 B3	Pilar em ferro pudlado Subsolo Almoxarifado Antiga Fábrica Cadinhos Mina de Morro Velho Nova Lima	Alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Executar solda contínua de filete, com eletrodo manual revestido.</li> <li>- Caso necessário, inserir reforço na parte interna, com chapa no local da fratura. Usar solda contínua de filete, com eletrodo manual revestido. O material de adição deve ser em aço baixo carbono para evitar corrosão galvânica.</li> <li>- Proceder limpeza com hidrojateamento à alta pressão, seguir norma SSPC-SP12/NACE No.5.</li> <li>- Recomenda-se que a pintura seja feita em até duas horas depois, pois a superfície sofre rápida oxidação.</li> <li>- Aplicar tinta de fundo - uma demão de primer epoxídico curado com poliamida, pigmentado com óxido de ferro e fosfato de zinco, com espessura seca de 50µm.</li> <li>- Aplicar tinta de acabamento - duas demãos de esmalte epoxídico, na cor desejada, com espessura seca de 35µm por demão.</li> </ul>
3 C1 3 C2	Estrutura Galpão B Mecânica e Ferraria Mina de Morro Velho Nova Lima	Médio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recomenda-se análise e vistoria da estrutura, para desenvolvimento de projeto estrutural de reforço.</li> <li>- Os contraventamentos devem ser refeitos.</li> </ul> <p>Supostamente não foram considerados os esforços horizontais e dinâmicos.</p>

**Tabela 6.1: Indicação de Métodos de Tratamento e Medidas Preventivas (Continuação)**

Ref.	Local	Grau de Degradação	Procedimentos
3 C3	Estrutura  Fábrica de Tecidos Ouro Preto	Médio	- Durante a obra, a estrutura recebeu reforço estrutural, através da inserção de vigas transversais. Questão já resolvida.
3 D1 3 D2 3 D3	Pilares em aço baixo carbono  Vão ponte rolante e Oficina Cia Belgo Mineira	Baixo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peças tortuosas devem ser desempenadas manualmente, por se tratar de aço baixo carbono.</li> <li>- Apenas se necessário, aquecer com maçarico a 600° e desempenar. Esse procedimento pode ser feito nas barras e cantoneiras.</li> <li>- Quando não for possível desempenar, ou mesmo, se as peças apresentarem fraturas que comprometam a estrutura, devem ser substituídas por perfil de mesma dimensão e aço baixo carbono para evitar corrosão galvânica.</li> <li>Cantoneiras: perfil laminado Padrão Americano 76 x 76, t<sub>0</sub> 7,9mm, em aço baixo carbono.</li> <li>Barras: barra chata laminada com 70mm de largura e de mesma espessura.</li> <li>- Inspeccionar os conectores de todas as chapas e cantoneiras.</li> <li>- Fixar com parafusos galvanizados os perfis soltos.</li> <li>- Utilizar para fixação parafusos. Aço ASTM A325.</li> </ul>
<p>* Os procedimentos indicados foram baseados nas seguintes referências bibliográficas: GENTIL (2007); NUNES et al. (1990); KÜHL (2008); PFEIL(2009); PANNONI (2007) e CÂNDIDO (2010).</p>			

**Tabela 6. 2: Detalhes construtivos - Medidas Preventivas**

DET. 01	DET. 02	DET. 03
 <p>Piso em cimentado liso. Executar caimento de 1% no encontro com o pilar para evitar acúmulo de umidade.</p>	 <p>Preencher interior com concreto vedar frestas com mastique</p> <p>Base em concreto plano superior com incl. de 10% para fora</p>	 <p>Piso em cimentado liso. Executar caimento de 1% no encontro com o pilar para evitar acúmulo de umidade.</p>
DET. 04	DET. 05	DET. 06
 <p>Cobrir chapa de base com contrapiso. Executar piso cimentado liso com inclinação para fora de 1% para evitar acúmulo de umidade.</p>	 <p>Piso em cimentado liso. Proceder caimento de 1% no encontro com o pilar para evitar acúmulo de umidade.</p>	 <p>Piso em cimentado liso. Executar caimento de 1% para fora junto ao pilar para evitar acúmulo de umidade.</p>

### **6.3 – Estudo de Intervenção - Instalações da Antiga Cia Belgo Mineira em Sabará**

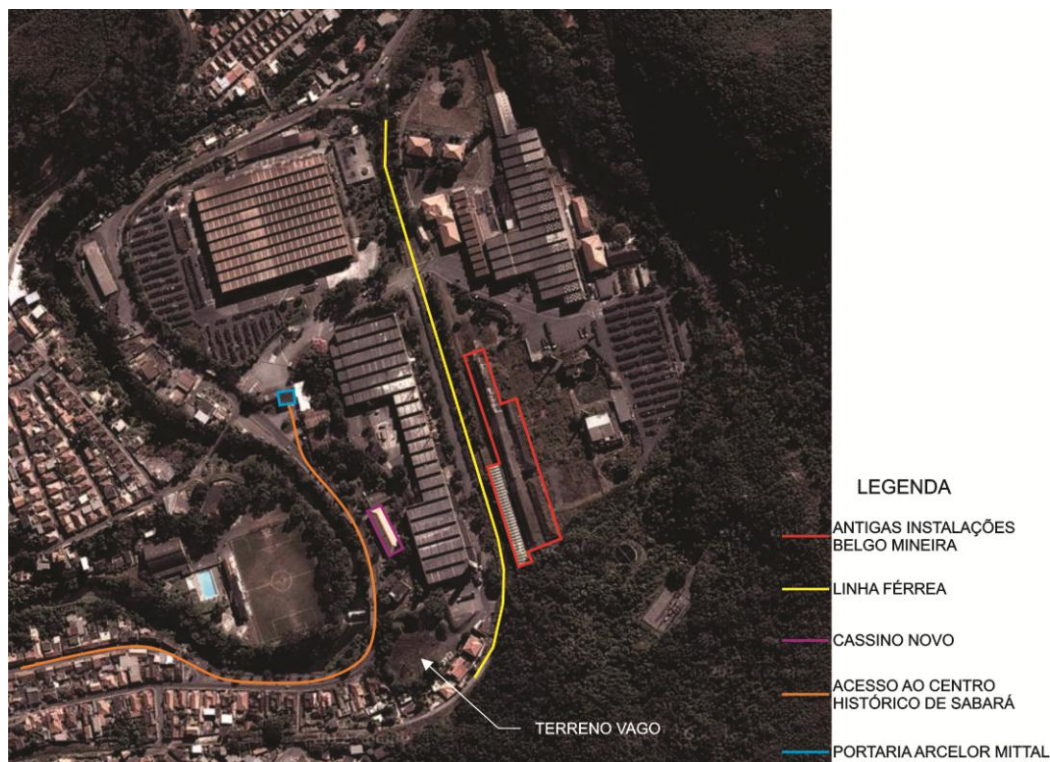
As antigas instalações da Companhia Belgo Mineira, apesar de desocupadas, continuam sendo mantidas dentro dos limites da atual empresa ArcelorMittal Sabará, resultado da fusão da Belgo, CST e Vega do Sul. Alguns galpões foram demolidos, conforme descrito na evolução da ocupação da empresa. Porém, edificações pioneiras como as destinadas a Fundição, Modelagem e Oficina ainda conservam suas estruturas e principais características construtivas.

A preservação destes exemplares se torna significativa pelas questões históricas apresentadas, pela tipologia construtiva, que se aproxima da "monumentalidade", e pelo apuro formal do espaço construído, que se traduz na distribuição do espaço interno, ritmo das aberturas em arco e recursos de iluminação natural. O momento é propício e percebe-se a indefinição sobre o destino a ser dado a estas construções.

O conjunto industrial encontra-se localizado próximo ao centro histórico de Sabará e, apesar de estar dentro dos limites de funcionamento da atual empresa ArcelorMittal, é favorecido pela possibilidade de acesso de forma independente. Na vista aérea (figura 6.3) é possível observar a existência de um terreno vago, por onde se poderia ter acesso ao local, além de possibilitar áreas de estacionamento.

A linha férrea que corta as dependências da empresa não se encontra em funcionamento e passa ao longo dos antigos galpões. Propõe-se a revitalização de toda essa área de entorno, com solução de caminhamentos ao longo da linha férrea, desde o terreno vago até o local dos galpões. Além da proposta de pavimentação, o projeto deve contemplar iluminação, mobiliário urbano e paisagismo.

Outro fator de importância é a proximidade com o "Cassino Novo", assim chamado por ter sido a segunda edificação desta natureza a ser construída, sendo parte integrante do patrimônio da empresa. Atualmente o local é destinado ao Centro de Memória ArcelorMittal, onde está armazenada a documentação relativa ao acervo da companhia. A requalificação da área deve incorporar o Cassino que, supostamente, poderá abrigar a gestão do novo programa a ser proposto para o local.



**Figura 6. 3: Vista aérea da empresa ArcelorMittal Sabará**  
**Fonte: Google maps. (acesso em 27/09/2012)**

As soluções propostas neste estudo baseiam-se nos dados históricos e construtivos relatados anteriormente, que se consolidaram em um minucioso diagnóstico das edificações. A evolução construtiva descrita foi fundamental para melhor entendimento do processo de ocupação e os "objetos em si" apresentam-se como a maior fonte de informação.

O cruzamento dos dados coletados com a literatura qualifica e enquadra as construções na história da arquitetura, melhor identificando as particularidades que justificam a sua preservação. Toda essa pesquisa se apresenta como subsídio para se estabelecer uma tomada de decisão mais consciente e responsável.

A partir de uma análise crítica, baseada nas instâncias históricas e estéticas, identifica-se a importância da preservação das seguintes edificações: Fundação, Oficina e Modelagem, bem como das estruturas que compõem o "vão da ponte rolante". Em relação às edificações instaladas a partir de 1960, não se pretende estabelecer juízo quanto ao seu valor estético, porém essas construções não conferem integração volumétrica ao conjunto pioneiro, prejudicando a sua visibilidade. Fatores construtivos também são levados em consideração, pois as novas construções foram feitas junto às fachadas originais, o que tem causado patologias como infiltração proveniente da cobertura, causada por deficiência de drenagem pluvial. Adicionalmente, considera-se que o estado de conservação das estruturas mais

recentes, em concreto armado, não apresentam bom estado de conservação, com presença de ferragens expostas.

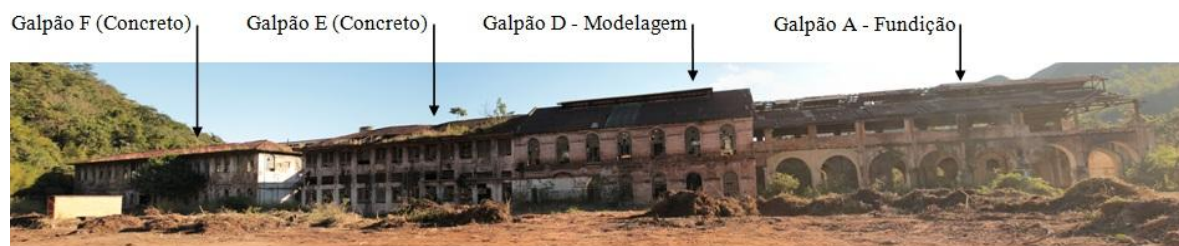
A figura 6.4, datada da década de 1990, revela claramente como o volume da Oficina foi completamente enclausurado pelas edificações mais recentes, uma metálica e outra em concreto, construídas de encontro às suas fachadas laterais.



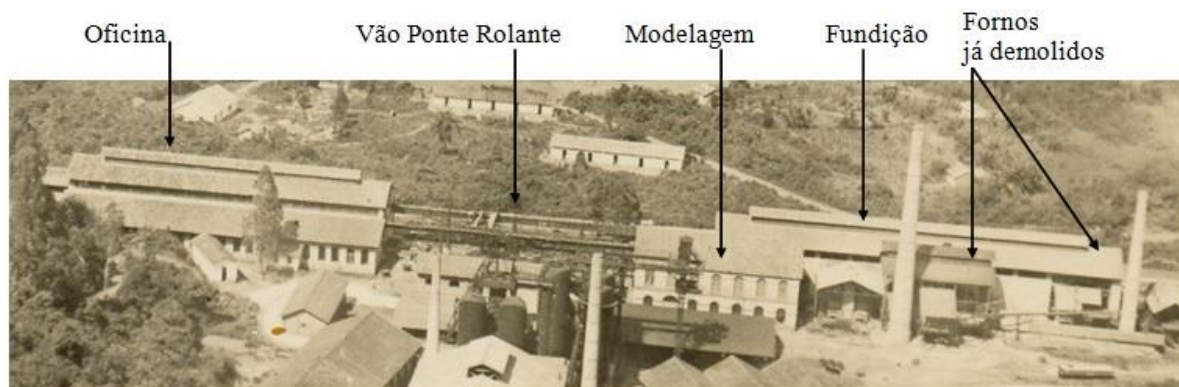
**Figura 6. 4: Vista da Companhia Belgo Mineira na década de 1990**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

Em visita de campo foi possível registrar a fachada lateral esquerda, onde se pode observar em destaque o volume da Fundição, com suas aberturas em arco pleno. Em relação a volumetria da Modelagem, apesar de conservada, a leitura é prejudicada pelo acréscimo do Galpão E, executado no prolongamento de sua fachada posterior. Deste local, não mais se avista a edificação anteriormente destinada à Oficina, que encontra-se atrás do Galpão F (figura 6.5).

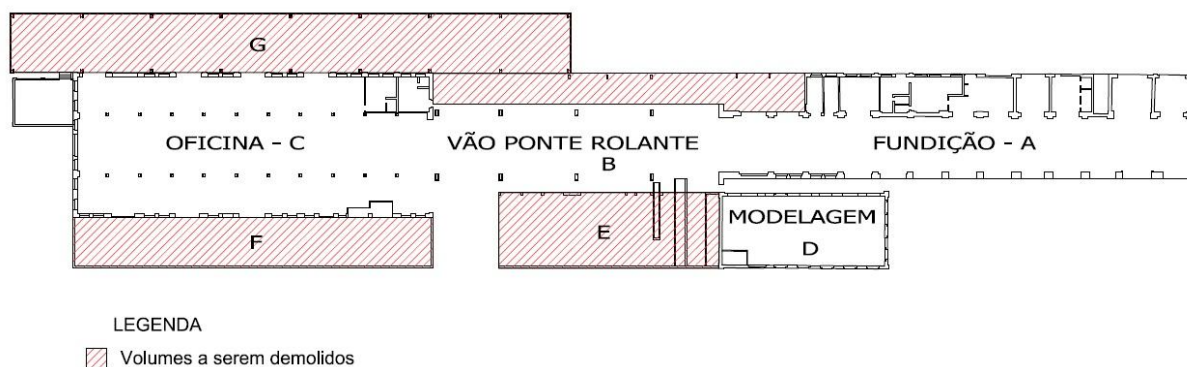
Para se estabelecer a "Unidade Potencial" do conjunto, baseada na configuração inicial das antigas instalações da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira (figura 6.6), propõe-se a demolição dos galpões E, F e G, como apresentado, em planta, na figura 6.7. As demolições propostas visam resgatar a volumetria original dos antigos galpões, em especial a Oficina, que possui tipologia arquitetônica traduzida nas diferenciações de altura da "nave principal" e alas laterais, hoje notada apenas internamente.



**Figura 6. 5: Fachada lateral esquerda - antigas instalações da Companhia Belgo Mineira - junho de 2012.**  
**Fonte: Acervo pessoal.**



**Figura 6. 6: Vista das antigas instalações da Companhia Belgo Mineira na década de 1920**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**



**Figura 6. 7: Planta das demolições propostas para requalificação do espaço.**  
**Fonte: Com base em levantamento de campo (2011/2012)**

As figuras 6.8 e 6.9 apresentam simulações do conjunto, após a demolição dos acréscimos posteriores, juntamente com proposta de restauração e reintegração das fachadas.

Os acréscimos executados ao longo das fachadas da oficina resultaram em perdas de parte das aberturas, em ambos os lados, como relatado na descrição da tipologia construtiva. A partir de uma análise crítica, entende-se que o resgate da "unidade potencial" do conjunto não se resume às questões volumétricas. Características como ritmo, forma e proporção das aberturas são fundamentais para a leitura da edificação. A partir dos registros das pranchas originais dos projetos em anexo, propõe-se a reintegração das fachadas, estabelecendo diferenciação do acabamento das partes novas, que devem ser executadas com reboco liso em contraposição às

fachadas originais, executadas em tijolos aparentes. Toda a fachada deve receber pintura à base de cal na mesma tonalidade, como integração do conjunto, sendo a intervenção marcada pela diferenciação da textura do material.



**Figura 6. 8: Vista da fachada lateral esquerda, na ordem da esquerda para direita, Oficina, Vão ponte rolante, Modelagem e logo atrás a Fundição - Estudo de intervenção.**



**Figura 6. 9: Vista da fachada lateral direita, na ordem da esquerda para direita, Fundição, Vão ponte rolante e Oficina - Estudo de intervenção.**

A pesquisa iconográfica revela que a edificação da Fundição passou por diversas intervenções, tanto volumétricas quanto nos padrões de aberturas. Optou-se por manter ao máximo a configuração atual, respeitando as modificações ocorridas ao longo do tempo. Nos locais onde sejam necessárias reintegrações, deve-se considerar a mesma recomendação feita para o prédio da Oficina, diferenciadas por reboco liso.

A parte frontal do antigo volume da Fundição, onde teria sido instalada a aciaria, encontra-se aberta, sendo proposto fechamento. Em consulta a prancha do projeto da década de 1920 (figura 6.10), optou-se por resgatar a configuração do volume em seus limites originais, diferenciando-o com acabamento em reboco liso, o que também será benéfico para arremate da cobertura e proteção do conjunto existente.

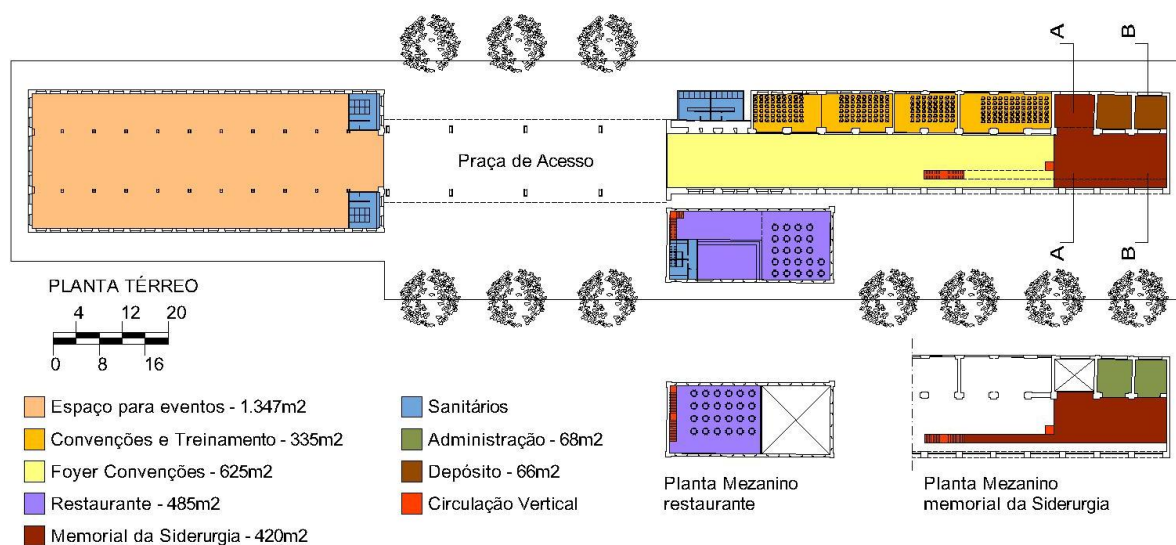
Ambos os volumes (Fundição e Oficina) recebem fechamento em caixilharia metálica e vidro nas aberturas superiores. Nos lanternins são propostos brises, conforme indicado e detalhado nos projetos originais consultados. Esta solução se torna interessante, pois protege o ambiente de intempéries e mantém a função destes elementos, que conferem melhor ventilação e iluminação destes espaços, sendo parte integrante das características tipológicas que os diferenciam.





**Figura 6. 10: Planta original do projeto da Fundação.**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

Como solução de acesso, tendo em vista a possibilidade de utilização do terreno vago, já mencionado, para entrada e estacionamento, sugere-se uma praça de acesso entre os prédios, em local antes destinado à ponte rolante (figura 6.11). Originalmente este espaço era descoberto e a função dos pilares seria apenas para suporte da ponte rolante. Gradativamente o local foi coberto, sendo inseridas tesouras metálicas de suporte, que devem ser mantidas como registro desta evolução, além de favorecer cobertura da praça, o que favorece a utilização da mesma.



**Figura 6. 11: Planta do Estudo de Intervenção - antigas instalações da Cia. Belgo Mineira em Sabará.**

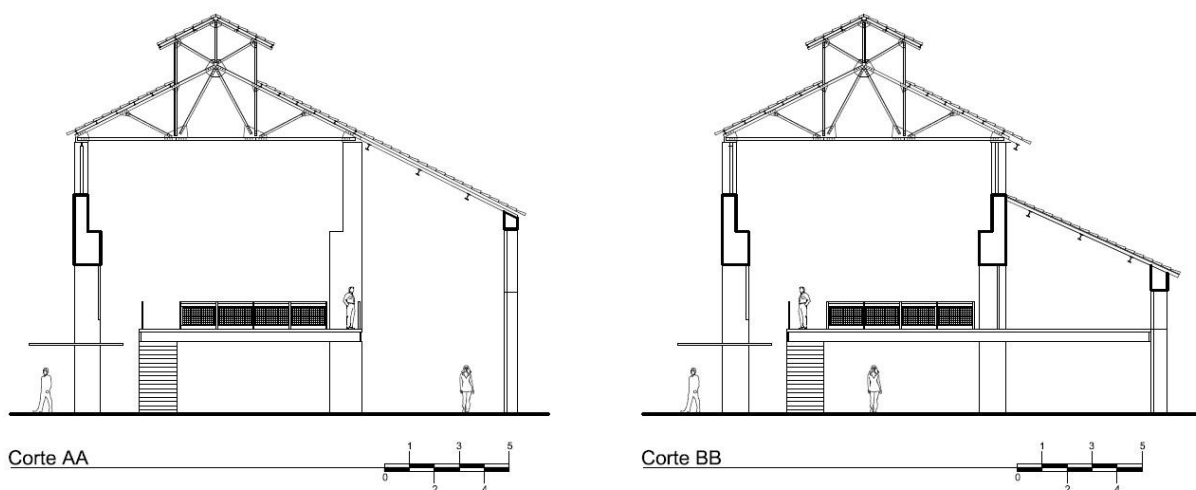
O porte da edificação condiciona e possui vocação para inúmeros programas. Cabe registrar que, a proposta aqui apresentada consiste em uma "simulação" como forma de experimentação da ocupação do espaço, com a finalidade de demonstrar um estudo de intervenção arquitetônica e as diversas possibilidades de apropriação do conjunto. Para definição real de um programa de ocupação é de fundamental importância a elaboração de um estudo de viabilidade econômica, que incorpore as demandas da empresa, ou mesmo, da cidade.

O programa estabelecido neste trabalho contempla, para a antiga Oficina, um espaço para eventos diversos com 1.347m<sup>2</sup> de área que, em caso de shows, poderia comportar aproximadamente 4.000 pessoas em pé. A praça de acesso poderia ser destinada à eventos como feiras, exposições, shows, treinamentos, atividades educacionais, entre tantas outras, incorporadas ou não às áreas internas. Para o volume da Fundação propõe-se, ao longo de um grande foyer, salas de convenções que poderiam funcionar como um centro de treinamento empresarial, o que não impede de também serem destinadas à conferências, seminários, congressos, feiras e exposições, entre outros possíveis usos. Como equipamento cultural, sugere-se a implantação de um Memorial da Siderurgia, o que seria louvável por questões históricas, já que se tratam das instalações pioneiras no setor metalúrgico do Estado de Minas Gerais. Vale ressaltar, que esta proposta de ocupação não restringe o uso dos espaços, que poderiam ser utilizados por atividades internas da empresa, ou mesmo pela comunidade.

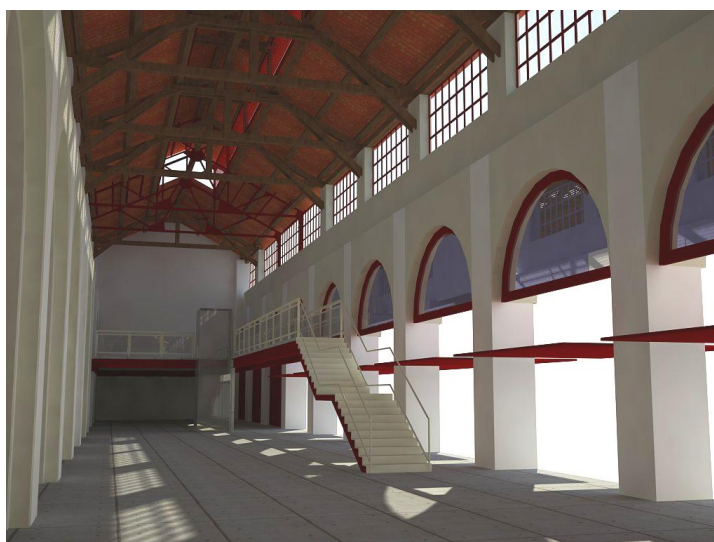
A Modelagem, figura 6.15 (edificação à esquerda), se conserva volumetricamente, sendo prevista a reintegração das aberturas, baseadas em pranchas de projetos originais em anexo. Também aqui fica recomendada a diferenciação com reboco liso nos acabamentos de trechos novos em alvenaria. Como ocupação, propõe-se que o espaço seja destinado a um restaurante com cozinha aberta, sendo proposto um mezanino, em analogia ao projeto original de dois pavimentos.

Foram previstos sanitários, depósitos e salas para administração. Em grandes eventos devem ser montadas estruturas auxiliares.

Os cortes (figura 6.12) apresentam a distribuição espacial da área destinada ao Memorial da Siderurgia, que recebeu um segundo pavimento como mezanino, possibilitando diversas formas na exploração museográfica. O alto pé-direito condiciona exposições diversas. O acesso ao mezanino (figura 6.13) é feito por uma escada e longa passarela, inspirada na antiga configuração da Fundação (figura 6.14), que possuía uma passarela no encontro com o segundo forno Siemens Martin, registrada em fotografia da época. O pavimento térreo também poderá ser destinado à exposições temporárias, integradas ao grande foyer ao longo das salas de convenções/treinamento. Além disso, o segundo pavimento possibilitou melhor aproveitamento do espaço, que recebeu salas de administração no pavimento superior e depósitos no térreo.



**Figura 6. 12: Cortes AA e BB - Estudo de Intervenção.**



**Figura 6. 13: Vista da área destinada ao Memorial da Siderurgia, cuja escada e passarela fazem analogia à antiga Fundição e Aciaria.**



**Figura 6. 14: Vista interna da antiga Fundição e Aciaria durante visita de autoridades.**  
**Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal.**

A perspectiva apresentada na figura 6.15 apresenta o volume da Fundação à direita, cuja arcada se abre para o foyer de convenções e Memorial da Siderurgia. À esquerda, a edificação da Modelagem, destinada ao restaurante, pode ter acesso por dentro do foyer ou através da porta principal, em sua fachada frontal.



**Figura 6. 15: Vista da antiga Modelagem (restaurante) e Fundação (Convenções/Memorial Siderurgia).**

A cobertura em telha francesa se apresenta como característica da arquitetura do início do século XX, tendo sido empregada originalmente nestas edificações, fato comprovado pela presença de ripas em madeira e também por fotografias da década de 1920. Propõe-se substituir as telhas onduladas por telhas cerâmicas francesas, resgatando o aspecto original dos telhados. Com o propósito de desconectar visualmente as edificações da Fundação e Oficina, sugere-se colocar telha translúcida ondulada em policarbonato, com baixa transmissão de calor, na cobertura da praça de acesso (antigo vão da ponte rolante).

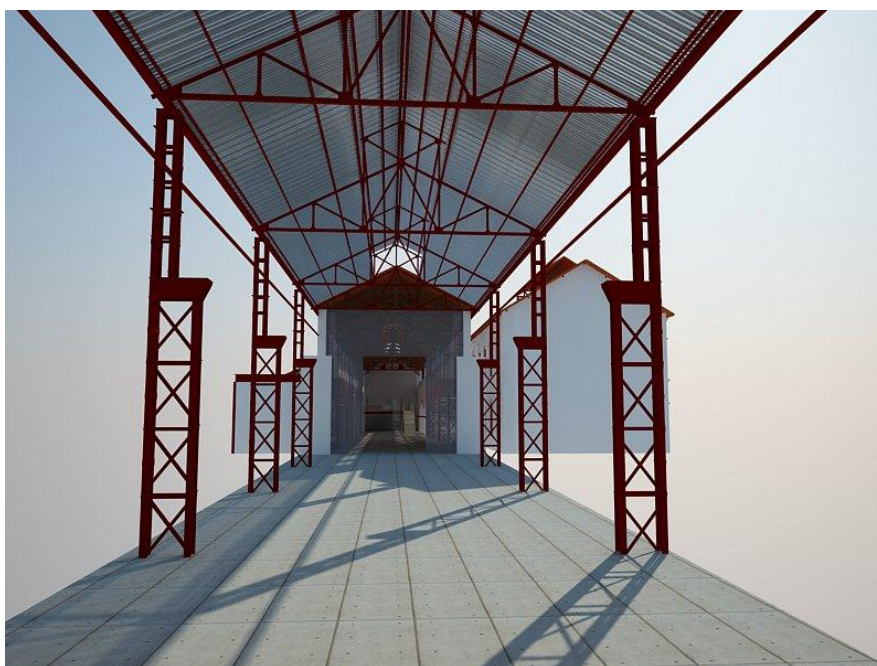
Como solução para os sanitários foi proposto um volume novo em estrutura metálica aparente e vedação em alvenaria, figura 6.16. A nova volumetria esta desconectada do antigo volume da Fundação, por fechamento de vidro, e se integra ao espaço de forma discreta, seguindo a proporção do volume mais baixo da fachada lateral direita.



**Figura 6. 16: Vista lateral direita, antiga Fundação no primeiro plano, vão ponte rolante e, ao fundo, a antiga Oficina.**

Na praça de acesso, antigo vão da ponte rolante, figura 6.17, os pilares treliçados em estrutura metálica serão restaurados segundo as recomendações indicadas nos métodos de tratamento, 1D1,1D2 e 1D6 (Tabela 6.1). Como proteção para as bases indica-se execução de contrapiso e revestimento. O piso próximo à base deve receber caimento, de forma a evitar acúmulo de umidade junto à estrutura, conforme Detalhe 05 (Tabela 6.2). Os pilares 04 e 06, numerados em planta de levantamento (Apêndice A), devem ser recuperados conforme referências 2D1 e 2D2 (Tabela 6.1).

Para as peças faltantes, deformadas ou fraturadas, seguir referência 3D1, 3D2 e 3D3 (Tabela 6.1) e, sempre que necessário, utilizar conectores, preferencialmente parafusos, de forma a marcar as novas intervenções.



**Figura 6. 17: Vista da Praça de Acesso (vão da ponte rolante) para o Foyer de Convenções e Memorial da Siderurgia (antiga Fundação).**

A estrutura do Espaço de Eventos, antiga Oficina, figura 6.18, deve ser restaurada seguindo procedimentos indicados em métodos de tratamento, nas referências 1D4 e 1D5 (Tabela 6.1). O pilar 20, numerado em planta de levantamento (Apêndice A), deve receber tratamento indicado em 2D3 (Tabela 6.1).

Em ambos os casos, optou-se por não executar alicerce de concreto, por questões estéticas e de preservação do aspecto do sistema estrutural. Além da segurança, por se tratar de áreas para aglomeração de pessoas. No caso da antiga Oficina as estruturas são internas e estão protegidas de intempéries, mas na Praça de Acesso (antigo vão da ponte rolante) os cuidados

devem ser redobrados, por não possuir fechamentos laterais. Fica registrada a importância dos métodos de tratamento e medidas preventivas como: a vedação de frestas, a pintura adequada, a limpeza e, especialmente a necessidade de manutenção periódica.



**Figura 6. 18: Vista interna do Espaço de Eventos (antiga Oficina).**

A figura 6.19 apresenta a antiga área da Fundação, destinada ao foyer de convenções e treinamento e ao Memorial da Siderurgia.



**Figura 6. 19: Vista interna do Foyer de Convenções (antiga Fundação) para a praça de acesso (vão da ponte rolante).**

Uma vista interna da Modelagem é apresentada na figura 6.20, onde está sendo proposto um restaurante com cozinha aberta. Detalhe para o mezanino proposto no nível destinado originalmente a um segundo pavimento, conforme se pode observar nos "inserts" inseridos nas paredes laterais, remanescentes do antigo barroteamento em perfil metálico.



**Figura 6. 20: Vista interna do restaurante (antiga Modelagem).**

O estudo de intervenção aqui apresentado demonstra a necessidade de se conhecer profundamente o objeto que será restaurado, pois o diagnóstico do mesmo revela os limites e parâmetros da proposta. Quanto mais íntegra e original se encontrar a edificação, menor deverá ser a sua intervenção. O conhecimento do conjunto industrial aqui apresentado, motivou propostas de demolição de acréscimos que não se integravam às construções originais, e conduziu a algumas reintegrações, consideradas necessárias para se resgatar a "Unidade Potencial", ou seja, as características essenciais que conferem ao objeto um valor singular, enquanto tipologia construtiva. As propostas seguem as recomendações da Carta de Veneza, em se diferenciar do material original, sendo possível sua reversibilidade.

O programa proposto, embora seja "fictício", se enquadra aos espaços sem intervenções significativas. Vale ressaltar novamente que, para uma real proposta de ocupação, são necessários estudos aprofundados, que identifiquem demandas e necessidades, além do estabelecimento de um plano de gestão e manutenção, que garanta a sustentabilidade da proposta de intervenção.

### 7.1 – Considerações Finais

Os conjuntos analisados revelam a variedade dos modelos estruturais e o emprego conjunto de materiais diversos, gerados pela importação de estruturas provenientes dos avanços tecnológicos da época, de países mais desenvolvidos da Europa e pelos Estados Unidos. A metodologia estabelecida resultou em um profundo conhecimento das edificações estudadas, o que se tornou fundamental para o alcance do objetivo maior: caracterizar as especificidades e valores destes exemplares, a fim de justificar a sua preservação, estabelecendo conceitos teóricos e técnicos na busca de sua conservação.

De fundamental importância foi o conhecimento das propriedades dos metais empregados neste período, o que conduziu a um diagnóstico mais seguro e balizou as indicações dos métodos de tratamento e medidas preventivas. As amostras selecionadas se revelaram variadas, o que conferiu entendimento da evolução dos metais e de suas características.

A busca por se conhecer todas as particularidades históricas e construtivas da edificação se torna a princípio exaustiva, porém necessária, quando se trata da busca da Preservação de Bens Patrimoniais. A pesquisa procura demonstrar que apenas a partir do conhecimento pleno de sua origem, trajetória e estado atual é possível estabelecer "juízo de valor", para propor soluções técnicas, baseadas nos atuais critérios de preservação, na busca da manutenção e conservação destas estruturas. Para isso, a estrutura do trabalho se baseou nas metodologias estabelecidas para um projeto de restauro e contemplando, ao final, um estudo de intervenção como aplicação prática de toda a teoria estudada, analisada e discutida.

A crescente sensibilização pela importância da preservação do patrimônio cultural e a valorização recente de seu patrimônio industrial tem transformado o quadro que se estabeleceu de abandono e perdas irreparáveis desses bens. Já é possível identificar obras e projetos de relevância em galpões e armazéns industriais desocupados, reconhecendo-se a importância histórica e tipológica do patrimônio industrial brasileiro. Estes exemplares, presentes em todo o mundo, quando preservados apresentam-se como registro dos processos tecnológicos, marcados pelos avanços da engenharia. Gradativamente estas edificações tem sido reabilitadas e revitalizadas e os projetos já realizados demonstram a viabilidade econômica na reutilização destes espaços.



Os estabelecimentos industriais, que se formaram nos primeiros anos de industrialização, embora tenham sido abandonados, seja porque a atividade econômica se tornou obsoleta, ou mesmo porque, por questões operacionais, não mais atendem aos novos processos industriais, constituem exemplares de significativa importância histórica e cultural. Além disso, é importante destacar que os sistemas estruturais continuam a cumprir sua função primordial, sendo esta uma das principais justificativas, bem como pertinência da sua preservação.

A contextualização feita na revisão de literatura demonstra a importância histórica dos conjuntos industriais apresentados. Nota-se que se trata de estabelecimentos que desenvolveram importantes atividades econômicas, como a mineração, a siderurgia e a indústria têxtil, envolvendo as diversas esferas que nortearam o desenvolvimento industrial do país, cada qual de grande representação dentro do recorte temporal estabelecido.

"De algum modo, as primeiras empresas brasileiras de mineração e fundição de metal foram tão importantes quanto as fábricas têxteis no início da industrialização do Brasil no século XIX" (GUNN et al, 2005).

Gunn et al (2005) apontam ainda que, em se tratando de mineração industrial de ouro por companhias inglesas, talvez o exemplo mais importante em Minas Gerais seja o da Mina de Morro Velho, explorada pela "Saint John D'El Rey Mining Company". É possível afirmar que a preservação das instalações da Mina de Morro Velho em Nova Lima envolve a preservação de um legado que vai além da trajetória da empresa mineradora, pois mantém viva a memória da cidade de Nova Lima que envolve a história econômica do Estado de Minas Gerais, calcada na origem e formação de uma região que em muito contribuiu para a história e desenvolvimento do Brasil.

Não se pode deixar de enfatizar e registrar as fundições implantadas no Estado durante o século XIX, porém no ramo das usinas siderúrgicas, a antiga Siderúrgica Mineira, que se tornou Belgo Mineira, pode ser considerada pioneira pois, entre tantos outros feitos, foi a primeira a instalar uma aciaria no Estado de Minas Gerais e, com a instalação do laminador em 1926, se estabeleceu como a primeira Usina Integrada da América do Sul.

A Companhia Industrial de Ouro Preto, fábrica de tecidos, está entre os vários estabelecimentos têxteis instalados no país. Fundada em 1889, ou seja pouco tempo antes da transferência da capital, que ocorreu oficialmente em 1897, foi de grande importância para a economia da cidade de Ouro Preto, que naquele momento passava por um quadro de

abandono e poucas atividades de geração de renda. Além disso, durante anos, foi responsável pelo abastecimento de energia e telefonia do município.

Os exemplares analisados revelam não apenas importância histórica, mas também uma diversidade de tipologias construtivas. O conhecimento das questões históricas, associado à análise construtiva, é de grande valia e possibilita a identificação das particularidades destas edificações, o reconhecimento do caráter inovador de seus sistemas construtivos e a identificação das características tipológicas de sua arquitetura, justificando assim a sua preservação como testemunho da evolução tecnológica.

A partir do século XIX, o Brasil passa por grandes transformações sociais e econômicas, decorrentes do processo de industrialização. O período é marcado por profundas mudanças e pela migração da população do campo para as cidades, gerando crescimento da malha urbana de forma acelerada. Dentro deste cenário surge uma nova arquitetura com a introdução do ferro também como sistema construtivo. Soma-se a isto o crescente desenvolvimento urbano que precisava adequar-se de forma rápida e “moderna”, o que acaba por introduzir a importação de estilos e de materiais para os núcleos urbanos em formação. A arquitetura introduz novas tipologias construtivas através das construções de estações ferroviárias, galpões, fábricas, mercados, pavilhões de exposição, dentre outros, estando em voga a utilização de estruturas metálicas e produtos industrializados comprados em catálogos. Surge nesse período uma tipologia arquitetônica industrial. Os esqueletos metálicos dos grandes edifícios industriais se tornaram emblemáticos e se revelam na utilização de diferentes metais, que se enquadram em um quadro evolutivo na "Arquitetura do Ferro", segundo o desenvolvimento siderúrgico.

A pesquisa mostrou que o sistema estrutural muitas vezes participava do processo operacional das fábricas, sendo assim, o mesmo cumpria função estrutural e operacional, como pode ser visto na Fábrica de Tecidos de Ouro Preto e nas estruturas para suporte das pontes rolantes. Este fato é relevante e demonstra como as estruturas metálicas se traduzem no registro também das atividades industriais que ali se desenvolveram.

Outra questão que merece destaque é o registro da evolução das técnicas construtivas, cujos modelos construtivos se transpõem com a utilização e substituição dos materiais, sendo que muitos dos exemplares de ferro se inspiram nas técnicas tradicionais da madeira, da alvenaria e da pedra. Embora o metal tenha se traduzido, juntamente com o vidro, no avanço dos

materiais, possuía um significado muito mais utilitário do que estético e, apesar de apresentar vantagens, as demais técnicas construtivas não são abandonadas. Estes exemplares são testemunhos de uma fase de transição, em que os avanços tecnológicos se encontram com a arte, ainda imbuída de significados e estilos pretéritos. Em contraposição surgem os modelos pré-fabricados, adquiridos em catálogos, aceitos pela rapidez na montagem, possibilidade de desmonte, pela esbeltez das peças e pela possibilidade de vencer grandes vãos, entre outros aspectos.

Embora já se possam notar algumas ações de preservação no Brasil, muito se tem a fazer, pois exemplares significativos da arquitetura industrial continuam sendo demolidos, por falta de reconhecimento ou desconhecimento. As particularidades e importância destas edificações são notáveis, sendo urgente o movimento para salvaguarda destas estruturas, pois a sua permanência requer constante manutenção.

A possível utilização destes espaços garante a permanência e manutenção deste Patrimônio Industrial e introduz a possibilidade de uma nova fonte econômica para os municípios. Além da importância histórica, estética e construtiva, a racionalização das estruturas - que permitiu melhor organizar o espaço construído - e a possibilidade de vencer grandes vãos, oferecem diversas possibilidades de ocupações e novas funções. Estes espaços se revelam como herança patrimonial e possuem um alto potencial a ser aproveitado.

Seria muita pretensão esgotar o assunto e acredita-se que muito se tem a fazer para a preservação do Patrimônio Industrial, relegado durante anos, mas que se constitui, por todas as questões apresentadas, em um legado às futuras gerações, objeto de memória e identidade de toda uma população. Espera-se que este trabalho possa, em primeiro lugar contribuir, para a sensibilização das pessoas acerca da importância da preservação destas estruturas e possa fornecer subsídio a futuras intervenções. O desdobramento destas ações se mostram necessárias para que seja possível estabelecer diretrizes e procedimentos, na restauração e conservação destas significativas estruturas.

## 7.2 – Sugestões de Pesquisas Futuras

Devido à importância da região de Juiz de Fora como principal centro industrial de Minas, no final do século XIX até 1930, aponta-se a região como possibilidade de pesquisa futura desta mesma natureza, estabelecendo como foco o registro e recuperação das estruturas metálicas. Essa pesquisa pode ser conduzida como continuidade deste trabalho.

Estudo de viabilidade econômica, que identifique demandas e necessidades, para proposta de ocupação das antigas instalações da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, em Sabará.

Estudo dos aspectos construtivos de edificações industriais classificadas por atividade, como por exemplo as fábricas têxteis implantadas em Minas Gerais, no final do século XIX e início do XX, em suas particularidades estruturais.

Estudo da tipologia construtiva, com foco nos aspectos estilísticos, de edificações industriais implantadas no final do século XIX e início do XX, de forma a analisar profundamente o conflito entre a técnica e a arte.

Estudos de casos de edificações industriais já restauradas e requalificadas, e seu impacto social e econômico, junto a comunidade e região.

Estudo aprofundado dos métodos de tratamento e medidas preventivas, utilizando experimentações em campo, como ateliê de restauro, com foco em soluções de detalhes construtivos para conservação das estruturas metálicas e outras possibilidades de proteção, como a pintura industrial.

Avaliação pós-ocupação da Serraria Souza Pinto, com o objetivo de verificar o potencial oferecido pelo espaço e/ou o estado de conservação das estruturas após restauração e ocupação.

Avaliação pós-ocupação da Fábrica de Tecidos de Ouro Preto, com o objetivo de verificar o potencial oferecido pelo espaço e/ou o estado de conservação das estruturas após restauração e ocupação.

## REFERÊNCIAS

- ABCM, Associação Brasileira do Carvão Mineral. Disponível em: <<http://www.carvaomineral.com.br/>>. Acesso em: 12/07/2012.
- ACADEMIA MINEIRA DE LETRAS. Os Acadêmicos. Disponível em: <<http://www.academiamineiradeletras.org.br/miguelaugusto.asp>>. Acesso em: 23/08/2012.
- ANDRADE, A. L. de. *Das Entranhas da Terra: Disciplinamento, resistência e luta - breve história sobre a educação e cultura dos trabalhadores da mineração de ouro em Nova Lima – MG / Século XIX*. 2001. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas.
- ANDRADE, A. L. D. de. *Um estado completo que pode jamais ter existido*. 1993. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, São Paulo.
- ANDRADE, R. M. F. *Rodrigo e o SPHAN – coletânea de textos sobre o patrimônio cultural*. Rio de Janeiro: Minc; Fundação Nacional Pró-Memória, 1987.
- ANGLOGOLD ASHANTI. Levantamento arquitetônico dos galpões da Mina de Morro Velho. Gold City. MVDI - Equipe de Planejamento e Projeto, 2006.
- ARAÚJO, Fernando Antônio Affonso de. Depoimento. Mariana/MG: Entrevista concedida a Fernanda Alves de Brito Bueno em julho de 2012. Entrevista não publicada.
- ASM Metals HandBook. *Corrosion*. Volume 13. 4ª Ed., 1992.
- BENEVOLO, L. *História da Arquitetura Moderna*. 3ª Ed. São Paulo: Perspectiva, 2004.
- BIRCHAL, S. de O. *O empresário brasileiro: um estudo comparativo*. Ibmecc, 2004.
- BOLETIM Eletrônico. ArcelorMittal Itaúna. a. V – n. 107, Itaúna: Set. 2007. Disponível em: <[http://www.fundacaoarcelormittalbr.org.br/arquivos/boletim\\_107.pdf](http://www.fundacaoarcelormittalbr.org.br/arquivos/boletim_107.pdf)> Acesso em: 23/08/12.
- BORSAGLI, A. *Curral Del Rey.com*. 2010. Disponível em: <[http://curraldelrei.blogspot.com.br/2010\\_05\\_01\\_archive.html](http://curraldelrei.blogspot.com.br/2010_05_01_archive.html)>. Acesso em: 12/08/12.
- BRANDI, C. *Teoria da Restauração*. Cotia-SP: Ateliê Editorial, 2005. 261p.
- BRASIL. *Constituição 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Promulgada em 5 de outubro de 1988*. Organização do Texto: Juarez de Oliveira. 4 ed. São Paulo: Saraiva, 1990.168p.
- BRASIL. *Decreto-Lei Nº25*. Disponível em: [www.iphan.gov.br](http://www.iphan.gov.br), 1937.
- BRASIL. *Decreto Nº 57.948, de 10 de março de 1966*. Transfere da Companhia Industrial Ouropretana para Centrais Elétricas de Minas Gerais S.A. concessão para distribuir energia elétrica. Disponível em: < <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1960-1969/decreto-57948-10-marco-1966-398458-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 15/08/2012.
- BOLTSHAUER, J. *História da arquitetura*, vol. VI, parte I. Belo Horizonte: Escola de Arquitetura da UFMG, 1972.

BUREAU Convention & Visitors. Juiz de Fora e região. 2007. Disponível em: <<http://www.juizdeforaconvention.com.br/index.php?pagina=conteudos.php&codmaterial=95>> Acesso em: 15/06/2012.

BURTON, R. *Viagem do Rio de Janeiro a Morro Velho*. v. 36, São Paulo: Itatiaia, 1976.

CALLISTER, W. D. *Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução*. 5ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

CÂNDIDO, L. C. *Notas de Aulas da Disciplina do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Curso de Mestrado em Construção Metálica, Fundamentos de Aços e suas Patologias*. UFOP, 2010.

CARDOSO, M. G.; ARAÚJO, C. A.; CÂNDIDO, L. C. *Inspeção de ponte ferroviária metálica: verificação da capacidade de carga da "Ponte da Barra" em Ouro Preto/MG*. Ouro Preto: REM, 2008.

CENTRO DE MEMÓRIA Morro Velho: um resgate à história. Nova Lima: AngloGold Ashanti Limited, 2010. Disponível em: <<http://www.anglogoldashanti.com.br/Paginas/QuemSomos/CentroMemoria.aspx>>. Acesso em: dezembro de 2012.

CHIAVERINI, V. *Aços e ferros fundidos*. 7ª ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metais, 2008.

CHOAY, F. A. *Alegoria do Patrimônio*. São Paulo: Estação Liberdade; Editora da UNESP, 2001.

CÓIAS, V. *Reabilitação Estrutural de Edifício Antigos*. 2ª Ed. Lisboa: ARGUMENTUM, 2007.

COLPAERT, H. *Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns*. 4ª ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2008.

COMPANHIA SIDERÚRGICA BELGO MINEIRA. *Publicação Companhia Siderúrgica Belgo Mineira*, 1953.

COMPANHIA INDUSTRIAL CATAGUASES. *A empresa: História*. Disponível em: <<http://www.cataguases.com.br/Pagina.aspx?14>>. Acesso em: 23/08/2012.

CORBIOLI, N. *Centro de eventos, Ouro Preto, MG*. ARCO WEB [10 de março de 2009]. Texto resumido a partir de reportagem publicada originalmente em PROJETO DESIGN, ed. 348, fev. de 2009. Disponível em: <<http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/humberto-hermeto-e-francisco-albano-andrade-centro-de-10-03-2009.html>>. Acesso em: 23/08/2012.

CORREIA, T. de B. *Núcleos Fabrís e de Mineração no Brasil: As Experiências Pioneiras (1811-1880)*. Artigos e Ensaios, 2006.

CORROSION CONTROL. *Practical Self-Study Guide to*. Canada: CASTI, 1998.

COZZA, E. *Uma nova era para o aço*. Techné, São Paulo, n. 36, p. 18-23, set/out.1998.

CURY, I. *Cartas Patrimoniais*. 3. ed. Rio de Janeiro: IPHAN, 2004. 408p. Patrimônio.

Decreto nº 57948, de 10 de março de 1966

DERENJI, J. da S. *Arquitetura do Ferro, Memória e Questionamento*. Belém, Cejup, 1993.

DIÁRIO da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira. Sabará: 1922. 202p.

DORMAN LONG TECHNOLOGY. *Dorman Long historical information*. Disponível em: <<http://www.dormanlongtechnology.com/en/Dorman%20Long%20historical%20information.htm>>. Acesso em: 14/08/2012.

DRUMOND, M. F. S. I. *Ouro Preto cidade em três séculos; Bicentenário de Ouro Preto; memória histórica (1711-1911)*. Ouro Preto: Liberdade, 2011.

EAKIN, M. C. *Tropical Capitalism: The Industrialization of Belo Horizonte, Brazil*. New York: Palgrave, 2001.

FABRIS, A. *Ecletismo na Arquitetura Brasileira*. São Paulo: Nobel/EDUSP, 1987.

FERRAND, P. O ouro em Minas Gerais. Trad. Júlio Castanõn Guimarães. Trad. Técnica João Henrique Grossi Sad. Belo Horizonte: Sistema Estadual de Planejamento; Centro de Estudos Históricos e Culturais, Fundação João Pinheiro, 1998.

FLICKR. Estação das Docas em Belém do Pará, 2010. Disponível em: <<http://favoritasdoflickr-landnick.blogspot.com.br/2010/09/estacao-das-docas-em-belem-do-para-01.html>>. Acesso em: 15/06/2012.

FONSECA, M. C. L. *O Patrimônio em Processo: trajetória da política federal de preservação no Brasil*. 2. ed. Rio de Janeiro: IPHAN; Editora da UFRJ, 2005. 296p.

GEMELLI, E. *Corrosão de materiais metálicos e sua caracterização*. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

GENTIL, V. *Corrosão*. - 5ª Ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2007.

GIESBRECHT R. M. Estações Ferroviárias do Brasil. (2001). *Vitorino Dias, Município de Ouro Preto*. Disponível em: <[http://www.estacoesferroviarias.com.br/efcb\\_mg\\_pontenova/vitorino.htm](http://www.estacoesferroviarias.com.br/efcb_mg_pontenova/vitorino.htm)>. Acesso em: 23/08/12

GONTIJO, M. M., et al. *100 anos de Indústria em Belo Horizonte*. Belo Horizonte: FIEMG; SESI. 1998. 96p.

GRACE'S GUIDE. *British Industrial History*. Lanarkshire Steel Co. 2007. Disponível em: <[http://www.gracesguide.co.uk/Lanarkshire\\_Steel\\_Co](http://www.gracesguide.co.uk/Lanarkshire_Steel_Co)>. Acesso em: 14/08/2012.

GROSSI, Y. de S. *Mina de Morro Velho: a extração do homem: uma história de experiência operária*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1981. 265p.

GUEDES, Pedro Paulo D'Alpoim. *Iron in building, 1750-1855: Innovation and cultural resistance*. 2010. Tese (Doutorado). University of Queensland, Austrália.

GUNN, P.; CORREIA, T. B. *A Industrialização Brasileira e a Dimensão Geográfica dos estabelecimentos industriais*. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, 2005: Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, v.7, n. 1, p.17-28, maio. 2005.

HOLLOWOOD, B. *A História de Morro Velho. The St. John D'el Rey Mining Company Limited*, Londres. Tradução de Lúcia Machado Almeida. Londres: Samson Clark & Co. Ltd., 1955.

IEPHA, Relatório Fotográfico da Obra da Serraria Souza Pinto. Centro de Eventos Culturais, de Lazer e Negócios. 4vols., 1994 - 1997.

\_\_\_\_\_. Relatório de Obra Serraria Souza Pinto, Centro de Eventos Culturais, de Lazer e Negócios, 1996.

\_\_\_\_\_. Projeto Arquitetônico da Serraria Souza Pinto. Centro de Eventos Culturais, de Lazer e Negócios. Arquiteto Lizandro E. C. Melo Franco. 24 pranchas, 1996.

ÍNDICE dos livros de contrato da Câmara Municipal de Ouro Preto e Prefeitura Municipal de Ouro Preto. Compilado por Helenice Afonso de Oliveira. Ouro Preto: 2001. Livro de Contratos n.º1 – 1887 a 1896 e Livro de Contratos n.º3 –1917-1927 /Câmara Municipal de Ouro Preto e Prefeitura Municipal de Ouro Preto. Disponível em: <[http://www.prefeituradeouropreto.com.br/upload\\_fckeditor/Indice\\_dos\\_Livros\\_Contrato\\_C MOP\\_PMOP\\_2.pdf](http://www.prefeituradeouropreto.com.br/upload_fckeditor/Indice_dos_Livros_Contrato_C MOP_PMOP_2.pdf)>. Acesso em: 23/08/2012.

ÍNDICE do livro de aforamento da Prefeitura Municipal de Ouro Preto. Arquivo Público Municipal de Ouro Preto. Compilado por Helenice Afonso de Oliveira. Ouro Preto: 2002. Provisões de Aforamento - 1885 a 1900 e 1900 a 1936. Disponível em: <[http://www.prefeituradeouropreto.com.br/upload\\_fckeditor/Indice\\_de\\_Aforamentos\\_1937.pdf](http://www.prefeituradeouropreto.com.br/upload_fckeditor/Indice_de_Aforamentos_1937.pdf)>. Acesso em: 23/08/2012.

INSTITUTO Aço Brasil. Sirius Interativa, 2009. Disponível em: <<http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/aco/processo--classificacoes.asp>>. Acesso em: 12/07/2102.

JONES, D. A. *Principles and Prevention of Corrosion*. USA: Macmillan, 1992.

KÜHL, B. M. *Arquitetura do ferro e arquitetura ferroviária em São Paulo: reflexões sobre sua preservação*. São Paulo: Atelier Editorial: Fapesp: Secretaria de Cultura, 1998.

\_\_\_\_\_. *Preservação do Patrimônio Arquitetônico da Industrialização: Problemas Teóricos de Restauro*. Cotia, SP: Atelier Editorial, 2008.

\_\_\_\_\_. *História e ética na conservação e na restauração de monumentos históricos*. Revista CPC, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 16-40, nov.2005/abr. 2006.

LIMA, F. J. M. de. et al. *Pela memória da Rede Ferroviária Federal S.A. - RFFSA. Itinerários e conjuntos ferroviários na zona da mata mineira: permanências arruinadas*. Minha Cidade, São Paulo, 10.118, Vitruvius, maio 2010.

LIBBY, D. C. *Transformação e Trabalho em uma Economia Escravista: Minas Gerais no Século XIX*. São Paulo: Brasiliense, 1988.



\_\_\_\_\_. *Trabalho escravo e capital estrangeiro no Brasil: o caso de Morro Velho*. Belo Horizonte, Itatiaia, 1984.

LLOYD, A. L. L. *O Uso do Aço nas Intervenções em Edificações Históricas: interfaces da arquitetura e da estrutura*. 2006. 206p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Minas, Ouro Preto, 2006.

LLOYD, R. *Impressões do Brazil no Seculo Vinte. Sua história, seu povo, commercio, industrias e recursos*. Londres: Lloyd's Greater Britain, 1913. Disponível em: <<http://www.novomilenio.inf.br/santos/h0300g40c.htm>>. Acesso em: 15/03/2012.

MACEDO, C. V. de. *A Produção artesanal de fios e tecidos em Minas Gerais. Uma Indústria Feminina de Vanguarda na Economia Mineira do Século Dezenove*. Belo Horizonte: CEDEPLAR; UFMG; FAPEMIG, 2003.

MAIA, L. R. G. *Turismo e o patrimônio industrial ferroviário: um estudo sobre o Trem da Vale. Ouro Preto/Mariana(MG)*. 2009. 179f.. Dissertação (Mestrado). Centro Universitário UNA, Programa de Mestrado em Turismo e Meio Ambiente, Belo Horizonte.

MAWAKDIYE, Alberto. *Destroços urbanos: Falta de preservação ameaça história da indústria brasileira*. Revista Problemas Brasileiros, São Paulo, n.374, mar/abr 2006.

MENEGUELLO, Cristina e RUBINO, Silvana. Patrimônio Industrial: perspectivas e abordagens. In: Encontro em Patrimônio Industrial, 2004, Campinas. Anais do Primeiro Encontro em Patrimônio Industrial. Campinas: Unicamp/Comitê Brasileiro de Preservação do Patrimônio Industrial, 2004. CD-ROM. p. 1-5.

MENICONI, Rodrigo Otávio de Marco. Compilação Elizabeth Sales de Carvalho. Curso de Revitalização Urbana e Arquitetônica, UFMG. Notas de aula, disciplina Ateliê de Conservação e Recuperação do Patrimônio Edificado, Belo Horizonte, 2004.

MOREIRA, D. C. *Arquitetura Ferroviária e industrial: o caso das cidades de São João Del-Rei e Juiz de Fora (1875-1930)*. 2007. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos - USP, São Carlos.

MORNEMENT, Adam and HOLLOWAY, Simon. *Corrugated iron – Building on the Frontier*. London: Frances Lincoln, 2007.

MOYEN, F. *A História da Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira: uma trajetória de crescimento consciente (1921-2005)*. Belo Horizonte: Arcelor Brasil S/A, 2007.

NUNES, L. de P.; LOBO, A. C. O. *Pintura Industrial na Proteção anticorrosiva*. Rio de Janeiro: LTC, 1990.

O PIONEIRO, Sabará: Cia Siderúrgica Belgo Mineira, 1956-1965. Mensal/Quinzenal. Acervo: Programa Memória ArcelorMittal.

OLIVEIRA, M. T. R. *Indústria Têxtil Mineira no Século XIX*. In: Anais do XXI. Encontro Nacional de Economia, ANPEC, vol. 01, Belo Horizonte: 1993.

ORIGEM.BIZ. Vitorino Antônio Dias. Disponível em: <[http://origem.biz/ver\\_cadastro1.asp?id=769](http://origem.biz/ver_cadastro1.asp?id=769)>. Acesso em 23/08/12.

OZZORI, M. *Almanack Administrativo, Mercantil, Industrial, Científico e Litterario do Municipio de Ouro Preto*. Ouro Preto: Typographia d`a ORDEM, 1890.

PAULA, R. Z. A. de. *Percalços da Industrialização: o caso de Minas Gerais*. 2001. Dissertação (Mestrado) – UNICAMP, São Paulo.

PANNONI, F. D. *Princípios da proteção de estruturas metálicas em situações de corrosão e incêndio*. Coletânea do uso do aço. 4ª Ed. GERDAU AÇOMINAS, 2007.

PEREIRA, Ricardo. Depoimentos [15 de outubro de 2003]. Ouro Preto: Projeto Guignard. Entrevista concedida a Gélcio Fortes. Disponível em: [http://www1.cultura.mg.gov.br/index.php?acao=busca\\_legendasEntrevistas](http://www1.cultura.mg.gov.br/index.php?acao=busca_legendasEntrevistas). Acesso em: 11/03/2012.

PFEIL, W.; PFEIL, Michèle. *Estruturas de Aço: dimensionamento prático*. 8ª ed, Rio de Janeiro: LTC, 2009.

PIRES, A. S.; CUNHA J. M. F. da; FONSECA T. N. de L. *Morro Velho – História, fatos e feitos*. Nova Lima: Mineração Morro Velho Ltda, 1996. 205p.

PONTES, F. *História de Magé*. 2010. Disponível em: <[http://fernanda-pontes.blogspot.com.br/2010\\_08\\_01\\_archive.html](http://fernanda-pontes.blogspot.com.br/2010_08_01_archive.html)>. Acesso em: 20/07/2012.

PORTAL 2014. Desafios de Belém para a Copa 2014. 2009. Disponível em: <<http://www.portal2014.org.br/noticias/281/DESAFIOS+DE+BELEM+PARA+A+COPA+D+E+2014.html>>. Acesso em: 20/07/2012.

PORTAL DA GALVANIZAÇÃO. *Corrosão*. Desenvolvido por ProdWeb. Disponível em: <<http://www.icz.org.br/portaldagalvanizacao/galvanizacao-corrosao.php>>. Acesso em: 22/07/2012.

PRADO J. C. *História Econômica do Brasil*. São Paulo: Brasiliense, 1945.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. Patrimônio Cultural. Disponível em: <[http://www.pjf.mg.gov.br/patrimonio/usina\\_marmelos.htm](http://www.pjf.mg.gov.br/patrimonio/usina_marmelos.htm)>. Acesso em: 15/06/2012.

PREFEITURA DE OURO PRETO. Projeto Arquitetônico da Fábrica de Tecidos. Centro Municipal de Eventos. Arquiteto Humberto Hermeto Perdicini Marinho. 16 pranchas, 2008.

PROGRAMA MEMÓRIA ARCELOR MITTAL. *Acervo iconográfico*.

PROGRAMA MEMÓRIA ARCELOR MITTAL. *Projet de disposition des installations nouvelles de L`Usine de Sabara [Brésil]*. Fonderie. N°80. ARBED S. A. Division Dudelange, 20 de fevereiro de 1922.

\_\_\_\_\_. *Implantação Usine de Siderurgica*. esc. 1:500. N°149. Dudelange, 28 de setembro de 1922.

\_\_\_\_\_ *Maçonnerie et Fondations de la Fonderie de Sabara [Brésil]. Fonderie. esc. 1:100. Nº17. ARBED S. A. Division Dudelange, 13 de julho de 1921.*

\_\_\_\_\_ *Modelage por l'usine de Sabara [Brésil]. Nº 13. ARBED S. A. Division Dudelange, 11 de julho de 1921.*

\_\_\_\_\_ *Disposition dee four Martin de 12 tonnes. 9 de dezembro de 1924.*

\_\_\_\_\_ *Disposition de la hall du laminoir. Siderurgica. ARBED S. A. Division Dudelange, 1923.*

\_\_\_\_\_ *Fermes et toiture de l'atelier à Sabara. Atelier. Nº27. ARBED, 19 de agosto de 1921.*

\_\_\_\_\_ *Fenêtres des côtes de la halle principal de l'atelier à Sabará. Nº30. ARBED.*

\_\_\_\_\_ *Colonne por l'atelier. (20 pièces). Usine de Siderurgica. ARBED, Dommeldange, 20 de outubro de 1922.*

REBELLO, Y. C. P.; BOGÉA, M. V. *Geometria dos elementos estruturais: Uma chave para a compreensão do comportamento estrutural*. São Paulo: USJT; Integração, 2004.

REIS FILHO, N. G. *Quadro da Arquitetura no Brasil*. São Paulo: Perspectiva, 1970.

RIBEIRO, M. I. B. et al. *Visita da Família Real Belga ao Brasil, 1920*. São Paulo: FAAP, 2010.

RODRIGUES, V. *Nova Lima dos ingleses: a história do pioneiro George Chalmers*. Belo Horizonte: É Editora, 2012.

RODRIGUEZ, H. S.. *A Formação das Estradas de Ferro no Rio de Janeiro. O Resgate da sua Memória*. Rio de Janeiro: Sociedade de Pesquisa para Memória do Trem, 2004. 192p.

SANTOS, P. F. *A arquitetura da sociedade industrial*. Belo Horizonte: Escola de Arquitetura da UFMG, 1961.

SIFT- MG - Sindicato das Industrias de Fiação e Tecelagem no Estado de Minas Gerais. *A Indústria Têxtil em Minas Gerais*. Disponível em: <[http://www.siftmg.org.br/detalhe.asp?id=&cat\\_nome=Hist%F3ria&imprimir=1&lista=sub&cat\\_id=1&sub\\_id=12](http://www.siftmg.org.br/detalhe.asp?id=&cat_nome=Hist%F3ria&imprimir=1&lista=sub&cat_id=1&sub_id=12)>. Acesso em: 15/07/2012.

SILVA, Alessandra Deotti e. *Evolução arquitetônica e ocupação espacial, nos séculos XIX e XX, na Mina de Morro Velho*. Nova Lima, 2007. Trabalho não publicado.

\_\_\_\_\_ et al. *Plano de Gestão Patrimonial*. DUO Projetos & Consultoria. Nova Lima, 2012. Trabalho não publicado.

SILVA, G. G. da. *Arquitetura do Ferro no Brasil*. São Paulo: Nobel, 1986.

SILVA, S. S.; SZMRECSÁNYI, T. *História Econômica da Primeira República*. 2 ed. revista. Coletânea de textos apresentados no I Congresso Brasileiro de História Econômica. Campus da USP, 1993. Texto: M. Teresa Ribeiro de Oliveira. São Paulo: Hucitec; Associação Brasileira de Pesquisadores em História Econômica; Editora da USP; Imprensa Oficial, 2002.

SILVEIRA, Victor. *Minas Gerais em 1925*. Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1926.

TREM DA VALE. Disponível em: <<http://www.tremdavale.org/pt/estacoes/estacao-vitorinodias/>>. Acesso em 23/08/12.

UFRGS. Núcleo de Pesquisa em História. Acervos: Indústria e trabalho no Rio Grande do Sul. Exposição Trabalho Industrial e Tecnologia - Rio Grande do Sul 1880-1940. Coordenação: Sandra Jatahy Pesavento. Julho de 1987. Disponível em:<<http://www.ufrgs.br/nph/industria-e-trabalho-no-rio-grande-do-sul/exposicao-trabalho-industrial-tecnologia-rs>>. Acesso em: 14/08/12.

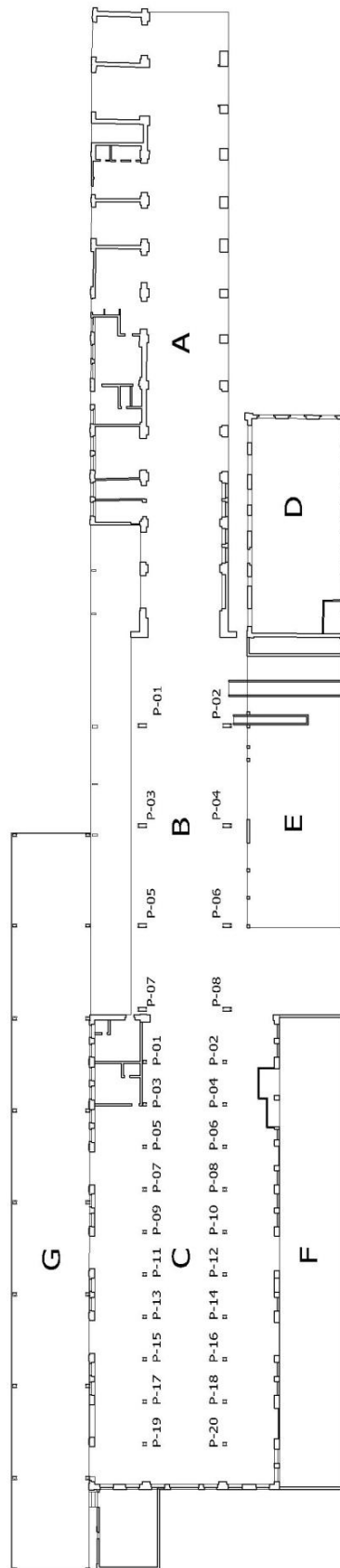
VICHNEWSKI, Henrique Telles. *AS INDÚSTRIAS MATARAZZO: patrimônio industrial no interior paulista (1920 –1960)*. Anais do XVII Encontro Regional de História – O Lugar da História. ANPUH. São Paulo: UNICAMP. Campinas. set. 2004.

VIÑUALES, Graciela María. *Olhares sobre o patrimônio industrial*. **Arquitextos**, São Paulo, 08.091, Vitruvius, dez 2007.

**APÊNDICES**

---















**APÊNDICE A - Planta de localização dos pilares dos galpões da Belgo Mineira / Sabará**



- A - Fundição
- B - Vão da ponte rolante
- C - Oficina
- D - Modelagem
- E - Construção em concreto (1960)
- F - Construção em concreto (1960)
- G - Construção metálica (após 1960)















**APÊNDICE B - Fichas do Diagnóstico do Estado de Conservação da Estrutura -  
Galpões metálicos da antiga Companhia Belgo Mineira/Sabará**


---

GRAU DE DEGRADAÇÃO	PILAR	PATOLOGIA	LOCAL			
			BASE	PILAR	TOPO PILAR	
<p>ALTA</p> <p>MÉDIA</p> <p>BAIXA</p>	<p><b>01</b></p> 	<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e início de processo de corrosão.</p> <p>O pilar laminado em seção "I" apresenta dois furos na alma.</p> <p>Algumas cantoneiras e chapa de ligação superior apresentam pontas amassadas.</p>				
						
	<p><b>02</b></p> 	<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e início de processo de corrosão.</p> <p>Na base falta uma cantoneira e outra esta despreendida. Os dois perfis em seção "I" que formam o pilar apresentam um furo na alma. Para fixação de caixa na lateral, uma cantoneira foi cortada.</p>				
						












FICHA - DIAGNÓSTICO ESTADO DE CONSERVAÇÃO  
 ESTRUTURA  
 GALPÃO C - ANTIGA OFICINA MECÂNICA
































GRAU DE DEGRADAÇÃO	PILAR	PATOLOGIA	LOCAL			
			BASE	PILAR	PILAR	PILAR
ALTA MÉDIA BAIXA	<b>03</b> 	<p>Descolamento de pintura, sujeidade generalizada e início de processo de corrosão</p> <p>Faltam duas cantoneira de contraventamento e algumas destas peças foram cortadas na ponta ou apresentam partes tortas ou empenadas</p>				
						
<b>04</b> GALPÃO C - ANTIGA OFICINA MECÂNICA		<p>Descolamento de pintura, sujeidade generalizada e início de processo de corrosão</p> <p>As duas cantoneiras da base foram fixadas com parafusos. Algumas cantoneiras apresentam pontas quebradas e partes tortas ou empenadas.</p>				
						

GRAU DE DEGRADAÇÃO	PILAR	PATOLOGIA	LOCAL		
			BASE	PILAR	TOPO
<p>ALTA</p> <p>MÉDIA</p> <p>BAIXA</p>	<p>05</p> 	<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e início de processo de corrosão</p>			
			<p>PILAR</p> 	<p>CANTONEIRAS</p> 	<p>CANTONEIRAS</p> 
<p>ALTA</p> <p>MÉDIA</p> <p>BAIXA</p>	<p>90</p> 	<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e início de processo de corrosão</p>			
			<p>CANTONEIRAS</p> 	<p>CANTONEIRAS</p> 	<p>CANTONEIRAS</p> 














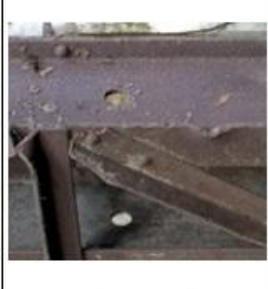
FICHA - DIAGNÓSTICO ESTADO DE CONSERVAÇÃO  
 ESTRUTURA  
 GALPÃO C - ANTIGA OFICINA MECÂNICA

FICHA - DIAGNÓSTICO ESTADO DE CONSERVAÇÃO		ESTRUTURA		GALPÃO C - ANTIGA OFICINA MECÂNICA			
GRAU DE DEGRADAÇÃO		PILAR	PATOLOGIA	LOCAL			
				BASE	PILAR	TOPO DO PILAR	
07			<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e início de processo de corrosão</p>	BASE		TOPO DO PILAR	
				<p>Falta uma cantoneira de contraventamento e algumas peças apresentam fraturas, partes tortas ou empenadas. Perfil "I" laminado possui alguns furos em sua alma.</p>	CANTONEIRAS		CANTONEIRAS
08			<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e início de processo de corrosão</p>	BASE		TOPO DO PILAR	
				<p>Algumas cantoneiras de contraventamento apresentam fratura nas pontas. Pequeno furo na alma do pilar.</p>	CANTONEIRAS		CANTONEIRAS















GRAU DE DEGRADAÇÃO		PILAR	PATOLOGIA	LOCAL		
ALTA	MÉDIA			BAIXA	BASE	PILAR
		<p align="center"><b>09</b></p> 	<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e início de processo de corrosão</p>			
				<p>CANTONEIRAS</p> 	<p>CANTONEIRAS</p> 	<p>CANTONEIRAS</p> 
<p align="center"><b>10</b></p> 		<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e início de processo de corrosão</p>	<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e início de processo de corrosão</p>			
				<p>CANTONEIRAS</p> 	<p>CANTONEIRAS</p> 	<p>CANTONEIRAS</p> 
<p align="center"><b>FICHA - DIAGNÓSTICO ESTADO DE CONSERVAÇÃO</b></p> <p align="center"><b>ESTRUTURA</b></p> <p align="center"><b>GALPÃO C - ANTIGA OFICINA MECÂNICA</b></p>						

GRAU DE DEGRADAÇÃO	PILAR	PATOLOGIA	LOCAL			
			BASE PILAR	PILAR	PILAR – VISTA INTERNA	
<p>ALTA</p> <p>MÉDIA</p> <p>BAIXA</p>	<p><b>11</b></p> 	<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada. Processo de corrosão avançado na interface com a alvenaria.</p> <p>As cantoneiras de contraventamento na interface com a parede apresentam fraturas e partes tortas ou empenadas. Foram feitos furos na alma do perfil "I" laminado.</p>	 <p>BASE PILAR</p>	 <p>PILAR</p>	 <p>PILAR – VISTA INTERNA</p>	
			 <p>CANTONEIRAS</p>	 <p>CANTONEIRAS E PILAR</p>	 <p>CANTONEIRAS</p>	
	<p><b>12</b></p> 	<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e início de processo de corrosão</p> <p>Algumas cantoneiras de contraventamento apresentam fraturas e partes tortas ou empenadas. Foram feitos pequenos furos na alma do perfil "I" laminado.</p>	 <p>BASE</p>	 <p>PILAR</p>	 <p>TOPO PILAR</p>	
			 <p>CANTONEIRAS</p>	 <p>CANTONEIRAS</p>	 <p>CANTONEIRAS</p>	















FICHA - DIAGNÓSTICO ESTADO DE CONSERVAÇÃO  
 ESTRUTURA  
 GALPÃO C - ANTIGA OFICINA MECÂNICA

GRAU DE DEGRADAÇÃO		PILAR	PATOLOGIA	LOCAL		
				BASE	PILAR	TOPO DO PILAR
<p>ALTA</p> <p>MÉDIA</p> <p>BAIXA</p>	<p><b>13</b></p>		<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e maior processo de corrosão na interface com a alvenaria.</p> <p>Algumas cantoneiras de contraventamento apresentam, na interface com a alvenaria, fraturas e partes tortas ou empenadas. Pequenos furos na alma do perfil.</p>			
						
<p><b>14</b></p>		<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e início de processo de corrosão</p> <p>Algumas cantoneiras de contraventamento apresentam pontas quebradas e partes tortas ou empenadas. Pequenos furos na alma do perfil e pequenos cortes na borda da mesa.</p>				
						

FICHA - DIAGNÓSTICO ESTADO DE CONSERVAÇÃO  
 ESTRUTURA  
 GALPÃO C - ANTIGA OFICINA MECÂNICA









GRAU DE DEGRADAÇÃO	PILAR	PATOLOGIA	LOCAL			
			BASE	PILAR	PILAR – VISTA INTERNA	
ALTA MÉDIA BAIXA	<b>15</b> 	<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e processo de corrosão na interface com a alvenaria.</p> <p>Falta uma cantoneira na base e as peças na interface com a alvenaria apresentam fraturas e partes tortas ou empenadas. Pequenos furos na alma do perfil.</p>				CANTONEIRAS CANTONEIRAS CANTONEIRAS
						CANTONEIRAS CANTONEIRAS CANTONEIRAS
<b>16</b> 	<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e início de processo de corrosão</p> <p>Algumas cantoneiras de contraventamento apresentam fraturas e partes tortas ou empenadas. Seis cantoneiras foram cortadas ao longo do pilar, provavelmente para passagem e fixação de tubulações.</p>				CANTONEIRAS CANTONEIRAS CANTONEIRAS	
					CANTONEIRAS CANTONEIRAS CANTONEIRAS	

FICHA - DIAGNÓSTICO ESTADO DE CONSERVAÇÃO  
 ESTRUTURA  
 GALPÃO C - ANTIGA OFICINA MECÂNICA

GRAU DE DEGRADAÇÃO	PILAR	PATOLOGIA	LOCAL		
			BASE	PILAR	TOPO PILAR
<p>ALTA</p> <p>MÉDIA</p> <p>BAIXA</p>	<p><b>17</b></p> 	<p>Descolamento de pintura, sujidade e início de processo de corrosão</p>			
			<p>CANTONEIRAS / PILAR</p> 	<p>CANTONEIRAS</p> 	<p>CANTONEIRAS</p> 
<p><b>18</b></p>		<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e início de processo de corrosão</p>			
			<p>CANTONEIRAS</p> 	<p>CANTONEIRAS</p> 	<p>CANTONEIRAS</p> 

FICHA - DIAGNÓSTICO ESTADO DE CONSERVAÇÃO  
 ESTRUTURA  
 GALPÃO C - ANTIGA OFICINA MECÂNICA


















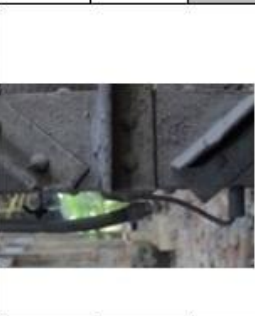


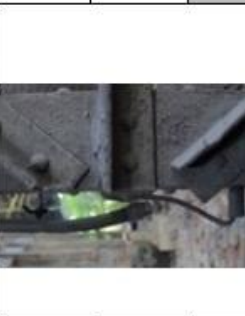


GRAU DE DEGRADAÇÃO	PILAR	PATOLOGIA	LOCAL			
			BASE	PILAR	TOPO PILAR	
ALTA MÉDIA BAIXA		<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e início de processo de corrosão</p>				
			<p>CANTONEIRAS</p>	<p>CANTONEIRAS</p>	<p>CANTONEIRAS</p>	<p>PILAR</p>
		<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e processo de corrosão mais avançada na base.</p>				
			<p>CANTONEIRAS</p>	<p>CANTONEIRAS</p>	<p>PILAR</p>	















FICHA - DIAGNÓSTICO ESTADO DE CONSERVAÇÃO  
 ESTRUTURA  
 GALPÃO C - ANTIGA OFICINA MECÂNICA

19
















20

GRAU DE DEGRADAÇÃO		LOCAL												
	ALTA		MÉDIA		BAIXA									
PILAR	01		PATOLOGIA	Descolamento de pintura, sujidade generalizada e início de processo de corrosão	BASE		CANTONEIRAS		PILAR		CANTONEIRAS		CANTONEIRAS E BARRAS	
			PATOLOGIA	Algumas cantoneiras e barras de ligação apresentam fraturas, emendas e partes tortas ou deformadas.	BASE		CANTONEIRAS		CANTONEIRAS E BARRAS					
PILAR	02		PATOLOGIA	Descolamento de pintura, sujidade generalizada e início de processo de corrosão	BASE		CANTONEIRAS		PILAR		CANTONEIRAS		PONTA CANTONEIRA	
			PATOLOGIA	Apenas uma cantoneira apresenta pontas quebradas e deformações.	BASE		CANTONEIRAS E BARRAS		CANTONEIRAS					







FICHA - DIAGNÓSTICO ESTADO DE CONSERVAÇÃO  
ESTRUTURA  
GALPÃO B - ANTIGO VÃO DA PONTE ROLANTE









GRAU DE DEGRADAÇÃO	PILAR	PATOLOGIA	LOCAL		
			BASE	PILAR	TOPO DO PILAR
<p>ALTA</p> <p>MÉDIA</p> <p>BAIXA</p>	<p>03</p> 	<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e início de processo de corrosão.</p>			
	<p>04</p> 	<p>Algumas cantoneiras e barras de contraventamento apresentam fraturas e partes tortas ou empenadas. Alma do perfil I foi cortada.</p>			
		<p>Corrosão avançada na base do pilar (perfis "U" e barras de ligação). Início de processo de corrosão ao longo do pilar. Descolamento de pintura e sujidade generalizada.</p>			
		<p>Poucas cantoneiras e barras de contraventamento apresentam pontas quebradas e partes tortas ou empenadas. Alma do perfil "I" cortada.</p>			

FICHA - DIAGNÓSTICO ESTADO DE CONSERVAÇÃO  
ESTRUTURA  
GALPÃO B - ANTIGO VÃO DA PONTE ROLANTE

GRAU DE DEGRADAÇÃO		PILAR	PATOLOGIA	LOCAL		
				BASE	TOPO PILAR	CANTONEIRAS
<p>ALTA</p> <p>MÉDIA</p> <p>BAIXA</p>	<p>05</p>		<p>Descolamento de pintura, sujidade generalizada e início de processo de corrosão, principalmente na parte superior do pilar.</p>			
				<p>CANTONEIRAS</p> 	<p>CANTONEIRAS</p> 	
<p>06</p>		<p>Corrosão avançada na base do pilar (perfil "U" e barras de ligação) Início de processo de corrosão ao longo do pilar. Descolamento de pintura e sujidade generalizada.</p>				<p>PILAR</p> 
			<p>CANTONEIRA</p> 	<p>CANTONEIRA</p> 	<p>CANTONEIRA</p> 	

FICHA - DIAGNÓSTICO ESTADO DE CONSERVAÇÃO  
 GALPÃO B - ANTIGO VÃO DA PONTE ROLANTE

GRAU DE DEGRADAÇÃO	PILAR	PATOLOGIA	LOCAL		
			BASE	PILAR	TOPO PILAR
<p>ALTA</p> <p>MÉDIA</p> <p>BAIXA</p>	07	<p>Início de processo de corrosão superficial ao longo do pilar.</p> <p>Descolamento de pintura e sujidades.</p> <p>Não há cantoneiras e barras de contraventamento quebradas ou partes tortas e empenadas</p>			
<p>ALTA</p> <p>MÉDIA</p> <p>BAIXA</p>	08	<p>Início de processo de corrosão superficial ao longo do pilar.</p> <p>Descolamento de pintura e sujidade generalizada.</p> <p>Não há cantoneiras e barras de contraventamento quebradas ou partes tortas e empenadas</p>			
<p>FICHA - DIAGNÓSTICO ESTADO DE CONSERVAÇÃO</p> <p>ESTRUTURA</p> <p>GALPÃO B - ANTIGO VÃO DA PONTE ROLANTE</p>					

FICHA - DIAGNÓSTICO ESTADO DE CONSERVAÇÃO		ESTRUTURA		GALPÃO G - FUNDAÇÃO DÉCADA 60																				
<p>GRAU DE DEGRADAÇÃO</p> <table border="1"> <tr> <td>ALTA</td> <td>MÉDIA</td> <td>BAIXA</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </table>	ALTA	MÉDIA	BAIXA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<p>VISTAS GERAIS</p> 		<p>PATOLOGIA</p> <p>Em geral os pilares apresentam bom estado de conservação. Base metálica protegida com embasamento de concreto Descolamento de pintura, sujidade generalizada. Início de processo corrosão uniforme.</p>		<p>PILAR</p> 		<p>LOCAL</p> <p>TOPO PILAR</p> 		<p>TOPO PILAR</p> 		<p>COBERTURA</p> 		<p>SHED</p> 		<p>CANTONEIRAS</p> 		<p>CALHA - SHED</p> 	
	ALTA	MÉDIA	BAIXA																					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																						

## **APÊNDICE C - Processos de fabricação e características dos metais**

---

- Ferro Fundido

O ferro fundido ou gusa é uma combinação de ferro e carbono, obtido em processo de fusão em alto-forno. Apresenta elementos residuais, decorrentes do processo de fabricação, consideradas impurezas normais, como manganês, silício, fósforo e enxofre. O teor de carbono varia de 2 a 6,7%, segundo Colpaert (2008).

No processo de obtenção, o alto forno é carregado com minério, calcário e coque. Através de insuflamento de ar quente ocorre a queima do coque, que produz monóxido de carbono, reduzindo o óxido de ferro em ferro liquefeito com carbono. O calcário converte o pó do coque e da canga em escória fundida. Pela parte inferior do forno são drenadas a liga ferro-carbono e a escória (PFEIL, 2009).

As peças de ferro fundido geralmente são obtidas por meio do produto gerado na primeira fusão, denominado ferro fundido bruto ou gusa, com 3,5 a 4,5% de carbono. O material refundido em forno resulta no ferro fundido de segunda fusão, com 2,5 a 3,5% de carbono (COLPAERT, 2008).

Pfeil (2009) descreve que o ferro fundido comercial possui de 2% a 4,3% de carbono, possuindo boa resistência à compressão (mínimo 500MPa) e baixa resistência à tração (cerca de 30% da resistência à compressão), sendo quebradiço quando submetido a choques. Informa ainda que existem quatro modalidades de ferro fundido: cinza; branco (duro e quebradiço); maleável (obtido através do branco, por tratamento térmico, tornando-se mais resistente) e o nodular.

Chiaverini (2008) descreve que se costuma definir o ferro fundido como ligas Fe-C, cujo teor de carbono situa-se aproximadamente acima de 2%. Entretanto, destaca que, frequentemente, o silício está presente em valores superiores ao próprio carbono. Assim, o autor define ferro fundido como uma “liga ferro-carbono-silício, de teores de carbono geralmente acima de 2,0%, em quantidade superior à que ser retida em solução sólida na austenita, de modo a resultar carbono parcialmente livre, na forma de veios ou lamelas de grafita.”

Segundo Colpaert (2008), o carbono no ferro fundido pode apresentar-se de duas formas: carbono combinado ( $\text{Fe}_3\text{C}$  – carboneto - cementita) e carbono grafítico (grafita). Quanto

maior a quantidade de carbonetos, mais dura a liga e menor a trabalhabilidade, portanto, em teores atingidos pelo ferro fundido, não é possível forjar, estirar, laminar ou mesmo fletir o material, independente da temperatura.

Colpaert (2008) destaca que o ferro fundido comum resiste bem à compressão mas apresenta baixa resistência aos esforços de tração, flexão e ao choque, podendo ser classificados em ferro fundido branco – que apresenta todo o carbono de forma combinada e possui aspecto de fratura clara – e ferro fundido cinzento – que apresenta parte do carbono sob a forma de grafita e aspecto de fratura escura. Em microscópio a grafita se apresenta em forma de veios ou partículas vermiformes agrupadas.

A grafita se separa no momento de solidificação, mas pode também resultar da decomposição da cementita ( $\text{Fe}_3\text{C}$  – carboneto). Chiaverini (2008) aponta que a grafita é o componente estrutural mais importante do ferro fundido.

O ferro fundido cinzento possui maior resistência à corrosão e maior capacidade de amortecer vibrações. O branco é empregado nos casos em que se exige maior dureza e resistência ao desgaste, mas sem necessidade de ser dúctil. Embora possa ser mais bem trabalhado, o ferro fundido cinzento comum também não pode ser dobrado ou deformado e possui pouca resistência ao choque, devido a pouca resistência das placas ou veios de grafita, principalmente se grandes e agrupadas (COLPAERT, 2008).

Colpaert (2008) descreve ainda que as peças em ferro fundido são fundidas em forma definitiva, pois devido ao alto teor de carbono, rompem-se por deformação. A dificuldade deste processo é variável em função da dureza do produto, sendo o tipo cinzento menos duro. O material não resiste bem ao impacto e o seu emprego é preferível em peças sujeitas a tensões mais moderadas.

As peças fundidas geralmente requerem tratamento térmico de recozimento ou normalização, para aliviar as tensões originadas durante a solidificação e para homogeneização da microestrutura (CHIAVERINI, 2008).

A evolução de sua técnica e meio de controle permitiu, com o tempo, a produção de um material com melhores propriedades, aplicando-se tratamentos térmicos diferenciados ou mesmo adicionando-se elementos de liga. Exemplo é o ferro fundido maleável, produzido a partir do ferro fundido branco, que com balanceamento de sua composição química e



recozimento, adquire nova textura e propriedades capazes de resistir melhor ao choque e suportar certas deformações, além de resistir melhor à corrosão e adquirir melhor usinabilidade (COLPAERT, 2008).

Chiaverini (2008) classifica os ferros fundidos da seguinte forma:

- Ferro fundido cinzento: coloração escura, caracterizada por apresentar fundamentalmente carbono e silício. Apresenta estrutura com parcela significativa de carbono em estado livre (grafita lamelar) e outra parcela em estado combinado, Fe<sub>3</sub>C (cementita).
- Ferro fundido branco: coloração branca, com elementos de liga de carbono e silício, porém por processos de fabricação e menor teor de silício, o carbono se apresenta praticamente na forma combinada, Fe<sub>3</sub>C (cementita).
- Ferro fundido mesclado: coloração mista, sendo constituída por uma mistura de ferro fundido branco e cinzento.
- Ferro fundido maleável: ferro fundido branco tratado termicamente, com praticamente todo carbono é transformado em grafita em forma de nódulos.
- Ferro fundido nodular: caracterizado por apresentar carbono livre, na forma de grafita esferoidal, a partir de tratamento ainda na fase líquida, conferindo ao material boa ductilidade.
- Ferro fundido de grafita compacta: Produto mais recente, que apresenta grafita em forma de escamas, possui a fundibilidade do ferro fundido cinzento e apresenta melhor resistência mecânica e certa ductilidade.

Segundo Colpaert (2008), o ferro fundido branco, na presença de enxofre, torna-se ainda mais quebradiço e apresenta dureza irregular. O carbono está compreendido entre 2,5 e 3,8%, sendo que, quanto maior o teor, maior a possibilidade de se tornar cinzento. No ferro fundido branco a dureza é maior devido à grande quantidade de cementita. O silício é o principal elemento do ferro fundido, depois do carbono, pois promove a decomposição da cementita, tornando o ferro fundido cinzento. Caso este componente não esteja presente, em geral o ferro fundido será de fratura branca. Mas este elemento também deve ser equilibrado para que não decomponha também a cementita da perlita, o que resultaria em um ferro “mole”.

Chiaverini (2008) e Colpaert (2008) afirmam que a composição química e a velocidade de resfriamento influenciam na estrutura do ferro fundido. O carbono determina a quantidade de grafita e o silício favorece a decomposição do carboneto de ferro (cementita) e a sua quantidade influencia na formação do ferro fundido cinzento ou branco. O manganês, ao contrário, tende a estabilizar a cementita, neutraliza a ação do enxofre e age como

desoxidante. Também o fósforo age como estabilizador do carboneto de ferro e, em grande quantidade, aumenta a fragilidade.

As seções de peças mais finas indicam velocidade rápida de resfriamento, não havendo tempo para decomposição da cementita, tendendo a formar ferro fundido branco, produzindo seções coquilhadas. Já em velocidades lentas de seções mais espessas, há tempo para grafitação, dependendo do teor de silício e a estrutura passa a ser composta de perlita e grafita. Caso o teor de silício seja alto e a velocidade ainda mais lenta, ocorre a decomposição da cementita da perlita, e pode-se ter uma estrutura constituída de veios de grafita, perlita e ferrita, de baixa dureza, excelente usinabilidade e razoável resistência mecânica. A velocidade do resfriamento também influi na forma, distribuição e tamanho dos veios da grafita. Quando rápida, gera veios finos e distribuição dentrítica, não muito desejável, enquanto em velocidades lentas os veios tendem a ser grosseiros (CHIAVERINI, 2008).

A velocidade de resfriamento depende do material do molde e da espessura da peça. Moldes de areia demoram mais tempo para esfriar do que os metálicos e peças com espessura mais espessa resfriam-se mais lentamente e tendem a formar grafitas em maior número ou mais desenvolvidas (COLPAERT, 2008).

O ferro fundido coquilhado é produzido em moldes metálicos, com resfriamento mais rápido da superfície do material formando o ferro fundido branco, enquanto no interior se forma o cinzento. Essa técnica pode ser utilizada para conciliar necessidade de dureza em uma região e menor fragilidade em outra, como em roda de vagão (COLPAERT, 2008).

- Ferro Pudlado

O ferro pudlado pode ser obtido diretamente do minério de ferro, mas em geral trata-se da purificação do ferro fundido, diminuindo-se o teor de carbono para a faixa entre 0,05% a 0,15%. O ponto de fusão é mais alto que o do ferro fundido e possui a mesma resistência à tração e compressão (KÜHL, 1998).

Segundo Colpaert (2008), o ferro pudlado, também conhecido por ferro de lupa, é aquele com baixo teor de carbono (abaixo de 0,2%), sendo identificado micrograficamente pela presença de escória, elemento responsável por distingui-lo do aço baixo teor de carbono. Por apresentar boa ductilidade, forjabilidade, caldeabilidade e certa resistência à corrosão, foi muito utilizado na produção de perfilados, barras, cantoneiras, trilhos, chapas e em peças caldeadas e

forjadas. Teve largo emprego em perfis como cantoneiras e foi utilizado até mesmo em construções de pontes. O autor destaca ainda, que este material é referenciado por ter sido empregado em muitas obras antigas, mas foi gradativamente substituído pelo aço de baixo teor de carbono.

Um artigo publicado relativo ao estudo de inspeção e verificação de capacidade de carga de ponte ferroviária metálica, “Ponte da Barra”, em Ouro Preto/MG, apresenta exemplo de emprego do ferro pudlado em antigas pontes, caracterizado pelo baixo teor de carbono, alto teor de fósforo e inclusões de escória (CARDOSO et al, 2008).

O ferro pudlado foi um dos primeiros produtos siderúrgicos fabricados, em instalações rudimentares, sendo um produto obtido pela redução direta do minério em pequenos fornos. Mas foi a partir da descarbonetação do ferro fundido ou gusa em fornos de pudlagem que se obteve a maior parte do ferro pudlado (COLPAERT, 2008).

O processo de pudlagem foi criado por Henry Cort em 1784 e consiste na purificação, através da descarburização do ferro fundido, por uma corrente de ar em fornos de revérbero, mas foi introduzido na Europa somente a partir do início do século XIX (KÜHL, 1998).

Segundo descrição de Colpaert (2008) durante a pudlagem é feita a eliminação de praticamente todo o carbono e de várias impurezas por meio de agitação em presença de óxidos e chama oxidante. Enquanto existe alto teor de carbono é possível manter o material em estado de fusão. Porém, na medida em que ocorre a redução do teor de carbono, o produto adquire uma consistência pastosa e as escórias ficam retidas no meio da massa. O material retirado (“bola de lupa”) é fortemente martelado e a escória é em parte expulsa, mas o produto final ainda apresenta numerosas partículas pequenas.

O ferro pudlado pode ser forjado<sup>34</sup> (martelado) ou laminado<sup>35</sup>. Kühl (1998) descreve que o processo de laminação foi introduzido em larga escala a partir de 1840 para confecção de trilhos e peças para tesouras, em substituição ao ferro martelado. A partir de meados do século XIX o mercado passou a oferecer perfis laminados em U, T, I e chapas.

---

<sup>34</sup> O ferro forjado pode ser obtido por meio de martelo ou prensa. Segundo Colpaert (2008), o forjamento "consiste na deformação do lingote ou do bloco enquanto está rubro, por meio de golpes de martelo de forja de grande peso ou pela ação progressiva de prensas poderosas capazes de esforços de milhares de toneladas.

<sup>35</sup> A laminação consiste em deformar o material, fazendo-o passar entre os rolos de uma máquina chamada laminador. O formato do vão existente entre esse rolos determina a forma da seção com que a barra ou a chapa saem (COLPAERT, 2008).

Kühl (1998) também destaca que o ferro laminado (pudlado) e o aço, quando em bom estado, possuem aparência semelhante mas, se em processo de corrosão, o ferro tende a se desprender em lâminas. A autora ressalta que embora os perfis de ferro laminado e de aço pudessem ser produzidos com a mesma forma estrutural, os aços eram produzidos em seções muito maiores.

- **Aço**

Assim como o ferro gusa, o aço consiste em uma liga de ferro e carbono, com certos elementos residuais e elementos de liga destinados a melhorar as características físicas e mecânicas do material, podendo ser chamados de aço-carbono ou aços-liga, dependendo da composição química e propriedades desejadas. Também é possível elevar a resistência por processos de conformação ou tratamento térmico.

O aço, segundo Kühl (1998), é obtido pela descarburização do ferro fundido e possui teor de carbono entre 0,2% e 1%, podendo atingir 1,5%, excepcionalmente. Entretanto, ressalta que os aços, desde o século passado, apresentavam variações e eram classificados pelo percentual de carbono. Destaca que o aço extra-doce tem de 0,05 a 0,15% de carbono, possui ponto de fusão mais alto que o do ferro fundido e resistências à tração e compressão maiores que as do ferro laminado.

Já para Chiaverini (2008) o teor de carbono no aço pode variar entre 0,008% e 2,11%. O autor destaca que o teor de 2,11% corresponde à máxima quantidade de carbono que se dissolve no ferro à temperatura de 1148°C. Acima desta faixa o material siderúrgico é considerado ferro fundido. O carbono aumenta a resistência do aço, porém o material se torna frágil. Em contrapartida, os aços com baixo teor de carbono têm menor resistência à tração, porém apresentam maior ductilidade.

A definição de aço é relativamente complexa, pois apesar de se constituir principalmente da liga ferro-carbono, possui outros elementos secundários residuais, resultantes do processo de fabricação. Não há como obter um aço totalmente puro (CHIAVERINI, 2008).

Para Colpaert (2008), os aços consistem em uma liga ferro-carbono, contendo de 0 a 2% de carbono, além de outros elementos considerados impurezas, como manganês, silício, fósforo e enxofre, geralmente em pequenos teores. Estes aços são conhecidos como aços ao carbono, comuns, ordinários ou sem liga. Também é possível encontrar em literatura técnica “aços

binários”. Os aços-liga contêm outros elementos adicionados com o objetivo de conceder propriedades aos produtos comuns.

O aço é obtido a partir do refino do gusa, sendo as peças produzidas na aciaria em moldes ou lingoteiras. A tecnologia foi ao longo dos anos sendo aperfeiçoada e alguns fornos já caíram em desuso como o Bessemer e o Siemens-Martin, criados na Europa, respectivamente em 1856 e 1867. A aciaria LD, tecnologia com conversor a oxigênio, começa a ser instalada no Brasil no final da década de 50. Para conformação dos perfis, os lingotes passam por processo de forjamento ou laminação (COLPAERT, 2008).

Pfeil (2009) descreve que, até meados do século XX, geralmente empregava-se o aço baixo carbono. Os aços de maior resistência passam a ser utilizados a partir de 1950, sendo o aço baixa liga introduzido na década de 60/70.

Segundo Chiaverini (2008) os aços são classificados de acordo com a composição química:

- aços carbono – liga ferro-carbono, com presença de elementos residuais tais como manganês, silício, fósforo e enxofre em teores normais;
- aços-liga de baixo teor, cujos elementos residuais apresentam-se em teores mais altos, podendo-se encontrar outros elementos de liga, porém em quantidades pequenas, cujo teor não ultrapassa 3 a 3,5%, não sendo suficiente para alterar as estruturas dos aços.
- aços-liga de alto teor, com teor de liga entre 10 e 12%, alterando as estruturas dos aços e seus tratamentos térmicos.
- aços-liga de médio teor, constituindo um grupo intermediário entre os anteriores.

Chiaverini (2008) descreve que o ferro é um metal que se caracteriza por apresentar várias fases alotrópicas e se torna estável em diferentes faixas de temperatura. Em suma os constituintes básicos de um aço são:

- Austenita: em aços carbono comuns fica estável acima de 727°C, se constituindo de uma solução sólida de carbono, com grãos de contorno poligonais irregulares, que confere ao aço boa resistência mecânica e boa tenacidade (sem propriedades magnéticas).
- Ferrita: ferro contendo traços de carbono, estrutura em grãos poligonais irregulares, com características de baixa dureza e baixa resistência à tração de 28kgf/mm<sup>2</sup> (270MPa) , porém muito resistente ao choque e possibilita grandes alongamentos. Quando atacada apresenta em microscópio grãos brancos de contorno preto.

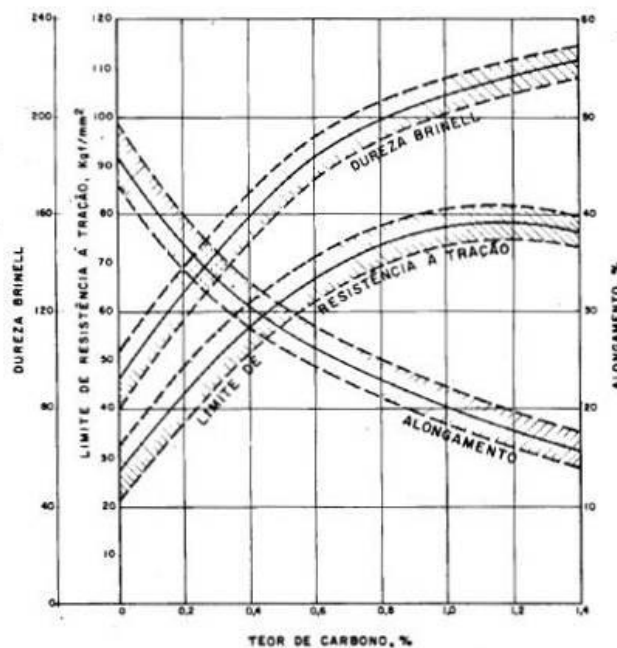
- Cementita: tratar-se do carboneto de ferro  $Fe_3C$ , sendo composto de 6,67% de carbono, portanto muito dura e quebradiça. São constituintes dos aços de alto carbono, que se caracterizam por possuir dureza, resistência e baixa ductilidade. Possui estrutura cristalina ortorrômbica. Na micrografia não mostra subdivisão de grãos. Muito comum na composição do ferro fundido.

- Perlita: constituída por lâminas muito finas alternadas de ferrita (88,5%) e cementita (11,5%), adquirindo propriedades mecânicas intermediárias entre a ferrita e a cementita. Possui resistência a tração de 75kgf/mm<sup>2</sup> (740MPa). A proporção de perlita em um aço cresce em função do percentual de carbono. Como referência, um aço de 0,5% possui 65% de perlita. Na microscopia aparece como grãos pretos.

A tabela A.1 relaciona as propriedades mecânicas dos constituintes de um aço.

**Tabela A. 1: Propriedades mecânicas dos microconstituintes dos aços (Fonte: CHIAVERINE, 2008)**

Constituinte	Limite de resistência à tração (MPa)	Alongamento em 2" (%)	Dureza Brinelli	Poder endurecedor (com a têmpera)
Ferrita	340	Cerca de 40	90	Nenhum
Perlita	830	Cerca de 10	250/300	Máximo
Cementita	30	0	650	Nenhum



**Figura A. 1: Influência do teor de carbono sobre as propriedades do aço resfriado lentamente**  
Fonte: CHIAVERINI (2008)

De acordo com o gráfico apresentado na figura A.1, a resistência à tração aumenta até aproximadamente 1% de teor de carbono (C), decrescendo para teores mais elevados, pois o

aumento da dureza afeta a resistência mecânica do aço. A dureza aumenta com o aumento do teor de carbono e o alongamento (ductilidade) cai de forma inversamente proporcional à dureza.

Segundo Chiaverini (2008), em função do teor de carbono os aços são assim classificados:

- aços doces – com carbono entre 0,15% e 0,25%
- aços meio-duros – com carbono entre 0,25% e 0,50%
- aços duros – com carbono entre 0,50% e 1,40%

E cita ainda que alguns autores ainda subdividem essa classificação da seguinte forma:

- aços extra doce – com carbono inferior a 0,15%
- aço doce – com carbono entre 0,15% e 0,30%
- aço meio doce – com carbono entre 0,30% e 0,40%
- aço meio duro – com carbono entre 0,40% e 0,60%
- aço extra duro – com carbono entre 0,70% e 1,20%

Em aços extra-doce, com carbono inferior a 0,15%, o carbono excedente a 0,008% em temperatura ambiente, em resfriamento lento, se precipita nos contornos dos grãos da ferrita como cementita, alterando as propriedades de boa ductilidade e reduzindo também a resistência à corrosão (COLPAERT, 2008).

Fósforo, enxofre, manganês, silício e alumínio são considerados impurezas normais. A partir de reações com o oxigênio, essas impurezas podem gerar inclusões não metálicas. É impossível produzir aço sem inclusões mas, algumas vezes, as micro-inclusões, são consideradas benéficas, embora possam ser nocivas em alguns casos, devendo o teor ser mantido dentro de uma faixa estabelecida. Essas inclusões podem ser formadas durante a produção do aço e geradas sob a forma de sulfetos, óxidos, silicatos e aluminatos ou mesmo podem derivar de fontes externas como escória, corrosão ou erosão. As inclusões possuem diversas formas e podem se tornar menos ou mais nocivas, a partir de conformações mecânicas como a laminação (CHIAVERINI, 2008).

A seguir serão descritas a função de alguns elementos, segundo Chiaverini (2008).

**Carbono:** Principal elemento, responsável pelo aumento da resistência mecânica. Porém o alto teor diminui a ductilidade, trabalhabilidade, resistência ao choque e soldabilidade.

Manganês: Atua como o carbono, no aumento da resistência mecânica. Dissolve na ferrita, aumentando a dureza do aço. Utilizado em teor mais elevado em aços-liga, acima de 1%, sendo introduzido para aumentar a resistência mecânica.

Fósforo: Dissolve na ferrita, endurecendo e aumentando o grão. Aumenta a resistência mecânica, porém diminui a resistência ao choque, ductilidade e tenacidade do aço, conferindo fragilidade ao mesmo, sobretudo em aços de alto teor de carbono. Em aços estruturais de baixo carbono é favorável se acrescentado em teores de até 0,12% para aumentar sua resistência mecânica, ou seja, à tração. Além disso, pode ser benéfico, principalmente se associado a pequenos teores de outros elementos. Como exemplo, aumenta resistência à corrosão atmosférica, sobretudo se acompanhado de pequeno teor de cobre; melhora a usinabilidade e assim como o carbono e o manganês, pode aumentar o limite de resistência à fadiga.

Silício: Contribui para aumento da resistência mecânica e a oxidação à temperaturas elevadas, porém nos aços geralmente é mantido baixo.

Cobre: Melhora resistência a corrosão atmosférica, sendo suficiente para aumentar em até duas vezes a resistência a corrosão com apenas 0,25%. Esse elemento, acima de 0,6%, também contribui para resistência do aço, aumentando seu limite de escoamento e resistência à tração.

Além desses elementos, outros como o cromo, níquel, molibdênio, zircônio, alumínio, vanádio, nitrogênio, nióbio, entre outros, são hoje acrescentados em aço liga, segundo limite de teor estabelecido, de acordo com a finalidade desejada.

Segundo Gentil (2007), o fósforo pode formar “barreira de fosfato insolúvel” dificultando o transporte iônico, essa seria a razão de favorecer resistência a corrosão atmosférica.

Segundo Chiaverini (2008) os perfis em aço carbono trabalhados por forjamento, laminação, estiramento, trefilação etc, podem ser empregados sem necessidade de tratamentos térmicos complexos. Estes são realizados, assim como a adição dos elementos de liga, quando se deseja melhorar ou adquirir uma propriedade específica.



## **APÊNDICE D - Técnicas para fixação e junção de peças**

---

Segundo PFEIL (2009), durante o século XIX e na primeira metade do século XX, os rebites eram os conectores mais utilizados. A partir da segunda metade do século XX, com o emprego do aço-carbono e aços de liga, a solda tem sido o processo mais utilizado. Os conectores, em geral parafusos, são destinados a ligações in loco.

O desenvolvimento das técnicas para fixação através de rebites permitiu a junção de peças em diversas configurações. Com esse avanço as vigas em ferro fundido foram gradativamente substituídas pelas de ferro laminado (pudlado ou aço baixo carbono), formadas por perfis compostos, de maior resistência à tração. As peças já produzidas nas oficinas eram unidas na obra por perfis em L, geralmente parafusados (KÜHL,1998).

Os rebites são conectores instalados a quente, retraindo após o resfriamento, apertando as chapas. O rebite é colocado com uma cabeça pré-formada no furo e aquecido à temperatura de 1000°C. Assim é possível formar a outra cabeça arredondada por martelamento. Já a solda é um processo de fusão, que permite fundir as partes em contato, de forma a provocar junção das mesmas. (PFEIL, 2009).

## **APÊNDICE E - Como identificar os metais**

---

O ferro fundido é relativamente fácil de ser identificado, por ter em geral uma superfície mais granulada, devido aos moldes na fabricação. O ferro pode possuir marcas de martelagem ou marcas de cilindro na laminação. O ferro fundido possuía seção maior e foi geralmente empregado em colunas ocas de fuste circular, hexagonal ou octogonal. Quando empregadas em vigas possuíam a parte inferior mais larga, para combater a tração. Já o ferro laminado e o aço possuem aparência mais semelhante. Inicialmente o ferro foi utilizado em perfis compostos unidos por rebites e parafusos. A laminação em peça única do ferro ocorreu posteriormente, mas devido à pequena dimensão, muitas vezes receberam reforço por placas rebitadas. Se sofrer corrosão o ferro se desprende em lâminas de ferro. Portanto, a análise da técnica de construção e a conexão ajudam na identificação do tipo de metal, como, por exemplo, a união de peças na forja, que é característico do ferro. É possível encontrar junções de peças de ferro laminado, conforme as técnicas construtivas de madeira. Já o aço, em geral, possui marcas de fabricação estampadas nas peças (KÜHL, 1998).

Para identificação precisa dos metais tornam-se necessárias análises de sua composição química e metalográfica (COLPAERT, 2008). A composição química é realizada pela técnica chamada "Espectometria Óptica", que consiste na queima da amostra por uma descarga elétrica (arco voltaico), podendo ocorrer via plasma. A definição da metalografia dos metais é considerada complexa, pois os materiais apresentam diferentes morfologias, dependendo de sua composição e dos tratamentos a que foram submetidos, sejam eles térmicos ou mecânicos.

Segundo Colpaert (2008), a metalografia microscópica (ou micrografia dos metais) estuda os produtos metalúrgicos, com o auxílio do microscópio, visando à determinação de seus constituintes e de sua textura. Este estudo é feito em superfícies previamente polidas e, em geral, atacadas por um reativo adequado. O autor destaca que os metais, em geral, são agregados cristalinos que podem ser idênticos ou podem ter composição química diferente como, por exemplo, as ligas ferro-carbono. Esses cristais são denominados "grãos" em virtude de sua conformação, mas quando apresentam formas ou aspectos particulares podem receber outras nomeações, como nódulos, veios, agulhas, glóbulos, etc. Ainda segundo o autor, as propriedades mecânicas de um metal, entre elas a dureza, resistência mecânica e à tração, dependem não apenas de sua composição química, mas também de sua textura. O exame da natureza dos grãos, assim como de seus percentuais, dimensões, arranjo e formato, e a interpretação desses dados é denominado exame micrográfico dos metais.

## **APÊNDICE F - Patologias do metal**

---

As patologias em estruturas metálicas podem ser adquiridas, transmitidas e atávicas. As patologias adquiridas são patologias estruturais provenientes da ação de elementos externos, como a poluição atmosférica, umidade, gases ou líquidos corrosivos. As patologias transmitidas são originárias de hábitos ou desconhecimento técnico do pessoal da fabricação ou montagem da estrutura. As patologias atávicas são patologias resultantes de má concepção de projetos (COZZA, 1998).

As patologias mais comuns em estruturas de aço são:

- Corrosão: em um conceito universal, seria a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente associada ou não a esforços mecânicos (GENTIL, 2007). Por ser a principal patologia do metal, será detalhada em tópico específico;
- Deformações excessivas: causadas por sobrecargas ou efeitos térmicos não previstos no projeto original, ou ainda, deficiências na disposição de travejamentos;
- Flambagem local ou global: causadas pelo uso de modelos estruturais incorretos para verificação da estabilidade, ou deficiências no enrijecimento local de chapas, ou efeitos de imperfeições geométricas não consideradas no projeto e cálculo;
- Fratura e propagação de fraturas: Falhas estas iniciadas por concentração de tensões, devido a detalhes de projeto inadequados, defeitos de solda, ou variações de tensão não previstas no projeto. Segundo Johnson<sup>36</sup> (1965; apud KÜHL, 1998) a fratura pode ser ocasionada por fadiga, mediante esforços repetidos ou variáveis;
- Folga nas juntas: Conectores como rebites e parafusos tendem a soltar com o tempo. Na maioria dos casos ocorre em estruturas sujeitas ao impacto ou choque, podendo gerar descolamento de partes e perfis (JOHNSON, 1965; apud KÜHL, 1998);
- Impacto: por serem peças em geral delgadas, as estruturas metálicas estão sujeitas a danos por impactos, ocorrendo "ondulações" ou deformações (JOHNSON, 1965; apud KÜHL, 1998).

### **- CORROSÃO**

---

<sup>36</sup> Sidney M. Johnson, Deterioration, Maintenance and Repair of Structures, New York, MacGraw-Hill, 1965, pp.20-25; apud KÜHL, 1998.

Todos os metais estão sujeitos ao ataque corrosivo, se o meio for suficientemente agressivo (GENTIL, 2007).

A estrutura de um metal pode ser caracterizada como sendo um conjunto de cátions (positivos) arranjados numa rede de elétrons, a qual garante a coesão da estrutura. Portanto, um metal é um reservatório de elétrons. Sendo assim, o metal se caracteriza por ser um bom condutor de eletricidade e calor; reflete ondas eletromagnéticas, pode ser dúctil e é oxidável (CANDIDO, 2010).

Gentil (2007) descreve que a corrosão é um processo espontâneo e caso não houvesse mecanismos protetores, os materiais metálicos seriam destruídos. Aponta ainda que os processos de corrosão ocorrem na superfície do metal, o que se poderia supor, possa ser controlada pelo produto de corrosão, que agindo como uma barreira ao meio corrosivo, diminuiria a velocidade de corrosão. Entretanto, quando o produto de corrosão é removido, a velocidade de corrosão não tende a diminuir com o tempo.

A corrosão pode ser explicada como uma reação química de oxidação-redução, onde o metal age como redutor, cedendo elétrons, que são recebidos por uma substância oxidante, existente no meio corrosivo. (GENTIL, 2007).

Segundo Gentil (2007) de acordo com o meio e o material tem-se diferentes mecanismos para os processos corrosivos. Na corrosão eletroquímica, aparece uma "pilha de corrosão", onde o anodo, que sofre oxidação, cede elétrons, por meio de um eletrólito (condutor), geralmente líquido. Os elétrons são recebidos por um catodo, que sofre redução. Já no mecanismo químico não há geração de corrente elétrica.

Chiaverini (2008) descreve a corrosão como um ataque gradual e contínuo de um metal, em meio corrosivo, atmosfera ou meio químico, cuja reação química ou eletroquímica, entre o metal e os elementos contidos no meio circunvizinho, transforma gradualmente o metal em um composto, ou vários compostos químicos, geralmente óxidos ou sais.

Ainda segundo Chiaverini (2008), a teoria eletrolítica é a mais simples e aceita para explicar a corrosão do ferro. O ferro em meio aquoso, desloca os átomos de hidrogênio, formando  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ . Em presença do oxigênio do ar forma-se o  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , que sendo menos solúvel se precipita em  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , depósito marrom, sendo este um material de corrosão, vulgarmente conhecido como "ferrugem".

➤ **Formas de corrosão:**

Segundo GENTIL (2007) a corrosão pode se manifestar das seguintes formas: uniforme, por placas, alveolar, por pite, intergranular, transgranular, filiforme, por esfoliação, grafítica, dezincificação, por empolamento do hidrogênio e em torno do cordão de solda.

**Corrosão uniforme**

Ocorre em toda a superfície gerando perda uniforme de espessura. Também conhecida como “generalizada”, mas este termo também pode ser utilizado em outras formas de corrosão como pite ou alveolar, que podem ocorrer em toda extensão da superfície corroída (GENTIL, 2007). Nas terminologias apresentadas pela Subcomissão de Inspeção de Equipamentos do Instituto Brasileiro de Petróleo, a corrosão uniforme pode ocorrer com diferentes intensidades e extensões (localizado, disperso e generalizado)

Segundo Jones (1992) para que se ocorra uma corrosão uniforme, o metal precisa estar totalmente exposto ao meio corrosivo. Embora se espere uma perda uniforme de sua superfície, o autor aponta que a não uniformidade dessa perda é tolerável e descreve ainda que a corrosão atmosférica é supostamente o principal exemplo deste tipo de corrosão. Outro exemplo seria o metal em presença de solução ácida. As formas uniformes são previsíveis e mais aceitas, ao contrário das formas localizadas que, por serem menos previsíveis, devem, sempre que possível, ser evitadas.

**Corrosão Localizada**

Segundo Gentil (2007) a corrosão localizada pode ocorrer de diversas formas:

- Corrosão por placas - A corrosão se localiza em regiões da superfície metálica, e não em toda a sua extensão, formando placas por escavações.
- Corrosão alveolar – o processo ocorre na superfície metálica produzindo sulco ou escavações semelhantes a alvéolos, apresentando fundo arredondado e profundidade geralmente menor que seu diâmetro.
- Corrosão por pite – o processo de corrosão ocorre em pontos ou pequenas áreas sobre a superfície metálica, produzindo os chamados “pites”, que são cavidades com fundo anguloso e profundidade em geral maior que seu diâmetro. A corrosão puntiforme ou pite afeta

pequenas áreas da superfície, com pequena perda de massa, mas pode causar rápida perda de espessura do material, originando perfurações e áreas de concentração de tensões, diminuindo a resistência do material e possibilitando a fratura. Autores estrangeiros usam o termo pite também para as chamadas “corrosão alveolar e por placas”. A norma G 46-76 ASTM apresenta diferentes formas de pite. Shreir utiliza os termos “pites arredondados” ou “pites angulosos”.

- Corrosão Intergranular e Transgranular - A corrosão intergranular se processa no contorno dos grãos da rede cristalina do material metálico, e na transgranular a fratura passa pelo meio dos grãos. Conseqüentemente o material perde suas propriedades e pode fraturar quando solicitado por esforços mecânicos, originando a corrosão sob tensão fraturante.

- Corrosão por esfoliação – o processo de corrosão ocorre de forma paralela à superfície e pode ocorrer em chapas ou componentes extrudados, que tiveram seus grãos alongados e achatados, condicionando que inclusões ou segregações sejam transformadas em plaquetas alongadas. O processo corrosivo pode atingir essas inclusões ou segregações e o produto de corrosão ocasiona a separação em camadas, resultando na desintegração do material em forma de placas paralelas à superfície. Mais comum em ligas de alumínio.

- Corrosão Grafítica e Dezincificação: São exemplos de corrosão seletiva. A primeira ocorre no ferro fundido cinzento em temperatura ambiente, sendo o ferro atacado pela corrosão, restando a grafita intacta, resultando em uma pilha, onde a grafita funciona como o catodo e a matriz de ferrita o anodo, que sofre corrosão. Produto de corrosão tem aspecto preto. Depois de iniciada é de difícil controle. A segunda ocorre em ligas de cobre e zinco.

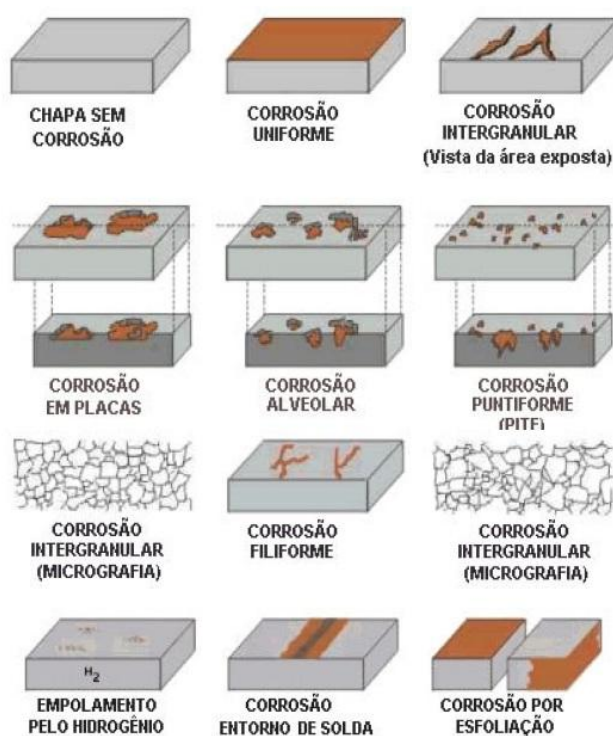
- Cordão de solda

Corrosão ocorre de forma intergranular em aços inoxidáveis e com carbono maior que 0,03%. Pode ocorrer devido ao tratamento térmico diferenciado, que resulta na modificação da composição da microestrutura, criando diferença de potencial.

Gemelli (2001) descreve que quando uma estrutura metálica apresenta potenciais eletroquímicos diferentes, tende a formar "pilha de eletroquímica", com dissolução metálica em uma região específica, se configurando em uma corrosão localizada, que difere da corrosão uniforme por distinguir macroscopicamente regiões anódicas e catódicas.

Os principais fatores responsáveis pelo ataque localizado são: relação entre áreas catódica e anódica, aeração diferencial, variação de pH<sup>37</sup> e produtos de corrosão presentes nas superfícies. Os ataques localizados são originados por heterogeneidades no material metálico: composição, presença de impurezas, tratamentos térmicos ou mecânicos, condições da superfície, depósitos, frestas e diferentes metais em contato. E por meio corrosivo: composição química, diferenças em concentração, aeração, temperatura, velocidade e pH, teor de oxigênio, sólidos suspensos, condições de imersão, e movimento relativo entre o material metálico e o meio. As formas localizadas como a alveolar, puntiforme, intergranular e intragranular, são mais agressivas, pois embora a perda de massa seja pequena, pode ocorrer em curto intervalo de tempo (GENTIL, 2007).

As figuras A.2 e A.3 ilustram as diversas formas de corrosão e a figura A.4 apresenta formas comuns de corrosão.



**Figura A. 2: Formas de corrosão**  
**Fonte: PORTAL DA GALVANIZAÇÃO. Acesso em: 22/07/2012.**

<sup>37</sup> pH: símbolo para a grandeza físico-química potencial hidrogeniônico, que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa (<http://pt.wikipedia.org/wiki/PH>. Acesso em: 22/07/2012).

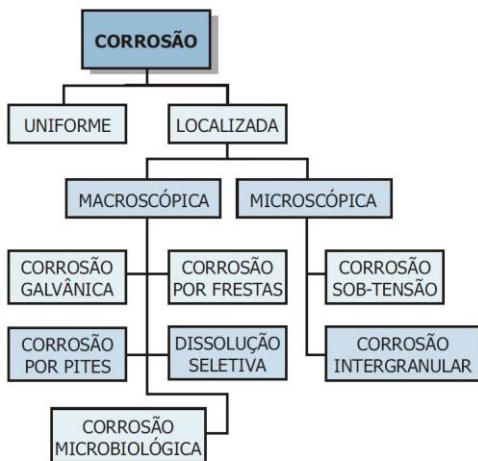


Figura A. 3: Formas de como a corrosão pode se apresentar

Fonte: PANNONI, 2007

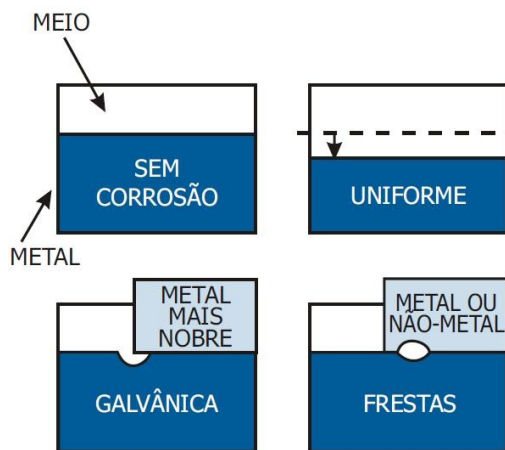


Figura A. 4: Formas comuns de corrosão

Fonte: PANNONI, 2007

### ➤ Mecanismos e causas de corrosão

#### - Corrosão Atmosférica

A tipo de corrosão mais comum é atmosférica e pode-se considerar que nas áreas urbanas tem como principal agente corrosivo os óxidos sulfurosos gasosos, provenientes de veículos, indústrias, entre outros. Em áreas costeiras os elementos corrosivos presentes na atmosfera são as partículas de água salgada. A intensidade da corrosão depende das condições climáticas e considerando que a velocidade da corrosão decresce com o passar dos anos, no caso da corrosão atmosférica, esta mais relacionada com a composição do material do que com a sua espessura. Sendo assim, a velocidade de corrosão decresce mais rapidamente, ou seja, se estabiliza, de acordo com o teor de ligas introduzido. Como exemplo, um aço carbono demora cinco anos para se estabilizar, enquanto um aço com cobre leva apenas três anos e em aços de baixo teor em liga e alta resistência a estabilização já ocorre em dois anos (CHIAVERINI, 2008). A corrosão atmosférica depende fundamentalmente dos seguintes fatores: umidade relativa, substâncias poluentes, temperatura e tempo de permanência do filme eletrolítico na superfície metálica. Também devem ser considerados os fatores climáticos, como temperatura, vento, umidade, chuva, insolação, entre outros (GENTIL, 2007).

#### Atmosfera industrial

Presença de altas concentrações de diversos compostos, sendo os principais os sulfetos ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ), cloretos, amônias,  $\text{CO}_2$ , etc; a concentração destes componentes depende das indústrias localizadas na região. Embora outros contaminantes agressivos estejam presentes, o dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ) é o mais importante; ele é captado pela umidade das partículas de pó



oxidando-se por processos catalíticos e formando ácido sulfúrico que se deposita em gotículas microscópicas nas superfícies expostas, juntamente com uma parte de dióxido de enxofre e de ácido sulfuroso. O resultado é que os contaminantes de uma atmosfera industrial, juntamente com a umidade atmosférica, produzem uma película de ácido altamente corrosivo nas superfícies expostas. As atmosferas industriais são, em geral, 50-100 vezes mais corrosivas do que as áreas desertas, devido à presença destes gases de enxofre (GENTIL, 2007).

#### **- Corrosão Galvânica**

Ocorre com o contato direto entre dois metais distintos imersos em um eletrólito, estabelecendo par galvânico. Ocorre transferência de cargas elétricas de um material para o outro, devido a formação de áreas anódicas e catódicas. Essa corrosão se caracteriza por apresentar corrosão acentuada do material que funciona como anodo, na região do contato entre os materiais. Um fator importante é a relação entre área anódica/ catódica: se a área catódica for muito menor que a área anódica a corrosão não será tão prejudicial, mas o contrário (área catódica maior que anódica) é extremamente perigoso. (GENTIL, 2007).

#### **- Corrosão Eletrolítica**

É causada por potenciais externos que produzem casos severos de corrosão e pode ser observada em tubulações enterradas (oleodutos, adutoras, minerodutos, cabos telefônicos, etc) sujeitas a correntes elétricas de fuga que abandonam seu circuito normal para fluir sob o solo ou água. Como a resistência dos metais é menor que a resistência do solo ou da água, as estruturas funcionam como um novo circuito por onde passam as correntes elétricas, que causam danos às instalações metálicas enterradas na saída da corrente (GENTIL, 2007).

#### **- Corrosão por solicitações mecânicas**

A corrosão por solicitações mecânicas pode ocorrer sob tensão, fadiga, atrito, associada à erosão, cavitação e turbulência, além da fragilização pelo metal líquido, pelo hidrogênio e por fendimento por álcali (em caldeiras). As solicitações mecânicas associadas ao meio corrosivo poderão acelerar o processo corrosivo, mesmo sem perda acentuada de massa, podendo ocorrer fraturas que coloquem em risco a estrutura. A fratura pode ser intergranular ou intragranular (GENTIL, 2007).

#### **- Corrosão em Frestas**

As frestas geradas pelas ligações estruturais, interfaces entre a estrutura e outros elementos, geram depósitos de sujeira e acúmulo de água sendo das principais causas para iniciar um

processo de corrosão. Segundo Gemelli (2001) a corrosão em frestas ocorre pela formação de uma pilha de aeração diferencial. Ocorre nos interstícios, fendas, entre o material e depósitos diversos. A corrosão avança em largura na superfície ou sob o depósito. A região no interior do interstício se torna anódica por falta de oxigênio e o restante da superfície se torna catódica. Jones (1992) afirma que a corrosão de um metal é frequentemente maior em um volume menor, em fenda criada pelo contato com outro material, podendo este processo de corrosão ocorrer entre dois metais de mesma liga ou não, em depósitos de sujeira ou mesmo em juntas de materiais não metálicos. Caso as ligas sejam diferentes, a corrosão também poderá resultar em efeitos galvânicos. A corrosão dentro das fendas podem ser causadas por retenção de água.

#### **- Corrosão no solo**

Em estruturas enterradas a corrosão esta relacionada ao baixo ph, correntes parasitas, baixa resistividade e à ação de bactérias. Também a água e o oxigênio são considerados fatores importantes. A baixa resistividade se relaciona com a presença de sais solúveis que possuem alta condutibilidade elétrica (CHIAVERINI, 2008).

#### **- Corrosão em meio aquoso**

O grau de corrosão depende da presença de variáveis, consideradas impurezas, como: sais, ácidos, bases e gases dissolvidos, material em suspensão e microrganismos. Também deve ser levado em consideração, outras variáveis como: pH, temperatura, velocidade e ação mecânica (GENTIL, 2007). Segundo Chiaverini (2008) quando em água doce, o processo de corrosão tem como fator mais importante a presença de gases dissolvidos. Na presença de gases dissolvidos (dióxido de carbono, sulfeto de hidrogênio etc.), o oxigênio além de agir de forma independente, acelera a ação corrosiva desses gases. Em relação aos sais, os efeitos da corrosão em soluções concentradas são menores do que nas diluídas, porque a maioria dos sais dissolvidos na água tendem a diminuir a solubilidade do oxigênio e do hidróxido de ferro.

Em geral, o meio é fator determinante para desencadear qualquer processo de corrosão a partir de vários aspectos: aquecimento diferencial (pilha galvânica – área anódica com temperatura mais elevada e área catódica apresentando temperatura mais baixa); iluminação diferencial; agitação diferencial; concentração diferencial; aeração diferencial, onde zonas com escassez de oxigênio se comportam como anodos (corroem) quando unidas a outras zonas (catodo) com boa aeração; meios agressivos (ácidos, cloretos entre outros), presença de microrganismos, entre outros.

## **APÊNDICE G - Medidas Preventivas e Métodos de Tratamento**

---

### ➤ **Aspectos Técnicos para recuperação das estruturas**

#### • **Solda**

A partir das propriedades do metal apresentadas em Chiaverini (2008) e dos conceitos de soldabilidade apontados por PFEIL (2009), constata-se que, em relação à composição do material, o carbono aumenta a dureza e a resistência, entretanto, afeta a ductilidade e a soldabilidade.

Aços de baixo teor de carbono  $[C] < 0,3\%$ : são aços com grande ductilidade (baixa dureza), não temperáveis, bons para o trabalho mecânico e facilmente soldável.

Aços de alto teor de carbono  $[C] > 0,6\%$ : são aços de elevada dureza e resistência após a têmpera. Os altos teores de carbono reduzem a soldabilidade e exigem cuidados especiais.

O ferro fundido por apresentar alto teor de carbono, portanto baixa ductilidade, apresenta maiores dificuldades em operações de soldagem.

Segundo Kühl (1998) a soldagem de ferro fundido é praticável, porém um procedimento muito cauteloso, pois há dificuldade em se controlar as variações de temperatura, o que poderá provocar mudança nas propriedades estruturais, dilatações e fissuras. A autora descreve que Michael N. Bussel desaconselha a soldagem para peças de ferro fundido e laminado.

#### • **Reparo, consolidação e substituições de peças**

Kühl (1998) descreve que por questões históricas em se tratando de ferro fundido deve-se preferir reparos às substituições. Como alternativa para preenchimento de partes faltantes e cavidades sugere massas à base de partículas de aço ou ferro associadas às resinas epóxi, aplicada após preparo da superfície. Aponta que esse composto pode ser utilizado tanto para o ferro fundido como para o ferro, desde que a peça original ainda conserve resistência estrutural. A fibra de vidro também pode ser utilizada, mas assim como o epóxi, não deve ser empregada para consolidações estruturais, e está sujeita a ações de raios ultravioletas, sendo também inflamável. Ressalta, que deve-se evitar preencher cavidades e partes ocas das colunas com concreto, pois a retração gerada após a cura pode gerar vazios e acúmulo de

água, o que pode desencadear processo de corrosão, acelerada pela alcalinidade do concreto. Peças de ferro fundido com problemas estruturais podem ser reforçadas com ferro ou aço.

Kühl (1998) cita exemplos de restauro como no Covent Garden, em Londres, em 1974 e 1976, onde uma coluna de ferro fundido foi recuperada com uma técnica de costura a frio denominada "metallock", sendo as fissuras preenchidas com elementos especiais, geralmente aço de grande limite de proporcionalidade, ou outras ligas.

"Foram perfuradas duas fileiras verticais de orifícios, paralelas à fissura, uma em cada um de seus lados, a intervalos de aproximadamente 5cm, por toda a extensão. As aberturas foram, então, unidas horizontalmente, retirando-se o ferro entre elas com um cinzel pneumático, formando uma série de fendas. Calços de uma liga metálica, com formato de pequenos cilindros, foram introduzidos nos furos e nas fendas de modo a fechá-los. A fissura em si foi também preenchida com a mesma liga e o todo foi consolidado, para então ser feito o acabamento (KÜHL, 1998)."

Outras propostas de reparo foram apresentadas em Kühl (1998) como na Palazzina della Meridiana no Jardim Boboli em Florença. Após resolvidas as questões de estabilidade apresentadas pelas fundações de dois pórticos de ferro, as fissuras das colunas foram soldadas, levando em consideração a composição exata do ferro fundido para utilização de eletrodo que garantisse eficiência do processo. Neste caso, as partes faltantes foram preenchidas com resina acrílica e considerou-se a possibilidade de inserção de tubos de aço no interior das colunas, para reforço estrutural.

Em peças de ferro laminado ou forjado os reforços são feitos pela adição de chapas após a preparação da superfície das peças originais. Caso a corrosão esteja avançada não há outro recurso, senão a substituição da peça. Para escolha do material de reforço ou substituição, deve-se levar em consideração as propriedades do material original, para evitar problemas de corrosão galvânica, por contato de materiais diferentes. A adição de ferro produzido com técnicas tradicionais, portanto de mesmas características, é preferível, porém é difícil encontrar companhias que fabriquem o material. Em Ironbridge, as oficinas das antigas usinas produzem ferro com técnicas tradicionais, como ateliês de restauração (KÜHL, 1998).

Em caso de deformações excessivas ou flambagem causadas por sobrecarga ou outras questões de estabilidade estrutural, deve-se proceder análise específica e projeto de modificação estrutural. Em caso de fraturas, as causas devem ser levantadas e sanadas antes

de proceder reforço estrutural com chapa ou outro elemento. Também aqui será necessário utilizar metais de mesma natureza para evitar corrosão eletroquímica.

Conectores como rebites devem ser periodicamente inspecionados, caso soltos devem ser substituídos. No caso de parafusos devem ser apertados ou substituídos.

### ➤ **Proteção à Corrosão**

A corrosão do metal é um processo natural, silencioso e contínuo, porém pode ser prevenido e controlado, de forma a garantir o desempenho do material. Conhecer o fenômeno da corrosão se torna imprescindível no planejamento de seu controle. A escolha cuidadosa dos materiais e um bom projeto podem evitar problemas mais sérios, e a aplicação de métodos disponíveis podem reduzir ou paralisar os processos de corrosão que vierem a surgir (Corrosion Control).

A escolha do revestimento é uma combinação de técnicas e considerações econômicas. A utilização do aço liga, com adição de pequenas quantidades de cobre, fósforo, níquel e cromo também se mostram eficazes na redução da corrosão atmosférica. Tem sido relatado que os aditivos de cobre são mais eficazes em climas tropicais temperados do que em regiões marinhas. Já a combinação de elementos menores, tais como a adição de cromo e níquel com cobre e fósforo, parece eficaz para qualquer ambiente (ASM Metals Handbook, 1992).

A maior parte dos métodos de controle a corrosão consiste em intercalar uma camada protetora entre o material e o meio corrosivo, podendo esta camada ser obtida por formação natural, artificial, ou mesmo simultânea. Em se tratando do ferro e do aço-carbono, o filme, produto da corrosão, que se forma em sua superfície, não apresenta características autoprotetoras, por ser descontínuo e permeável, tendendo a degradar todo o metal, o que torna fundamental a proteção, normalmente adquirida por revestimento (GENTIL, 2007).

Nunes et al (1990) descreve que o principal mecanismo de proteção ocorre por barreira. A peça estará protegida por barreira, enquanto a mesma impeça que o eletrólito, presente no meio corrosivo, chegue a superfície metálica. O autor informa que em função da porosidade da película o eletrólito pode atingir o metal e a falha do revestimento ocorre por corrosão embaixo da película. A proteção pode ser ampliada quando se introduz pigmentos inibidores, como em tintas de fundo, contendo zarcão, cromato de zinco, fosfato de zinco, entre outros; ou por proteção catódica, que consiste em estabelecer uma "pilha galvânica" com a introdução de um revestimento metálico menos nobre, ou tinta com pigmento de zinco.

- **Mecanismos de proteção**

Os principais revestimentos metálicos são: a cladização, a galvanização, a metalização, a eletrodeposição e a deposição química. Quando constituída de um metal mais catódico, que o metal de base, a cobertura deve ser perfeita, para evitar corrosão no metal de base. Por outro lado, as películas mais anódicas podem ser imperfeitas, conferindo proteção catódica ao metal de base. Como medidas de proteção por revestimento não metálico inorgânicos se pode citar: a anodização, a cromatização, a fosfatização, revestimentos com camada de cimento, com vidro, esmalte vítreo e material cerâmico. Em se tratando dos revestimentos orgânicos tem-se a pintura industrial, o revestimento com borracha e revestimentos diversos para estruturas enterradas ou submersas. A pintura industrial será melhor detalhada pelo maior emprego no controle da corrosão em estruturas aéreas e por se apresentar como melhor alternativa de proteção em termos técnicos e econômicos (NUNES et al, 1990).

A pintura industrial tem como principal finalidade a proteção anticorrosiva e consiste da aplicação de uma película, na maioria das vezes, de natureza orgânica. Este revestimento aplicado na forma de tinta se caracteriza pela coesão<sup>38</sup> dos constituintes do revestimento e pela adesão ao substrato<sup>39</sup> (NUNES et al, 1990).

metal	potencial de eletrodo
Magnésio	- 2,340
Alumínio	- 1,670
Zinco	- 0,762
Cromo	- 0,710
Ferro	- 0,440
Cádmio	- 0,402
Níquel	- 0,250
Estanho	- 0,136
Chumbo	- 0,126
Cobre	+ 0,345
Prata	+ 0,800
Ouro	+ 1,680

**Figura A. 5: Quadro representativo da série galvânica de metais**  
**Fonte: CANDIDO (2010)**

Segundo GENTIL (2007), a Proteção Catódica Galvânica ou por anodos de sacrifício ocorre pela diferença de potencial existente entre o metal a proteger e outro escolhido como anodo e que deve ter potencial negativo na tabelas de potenciais, figura A.5. Na prática utiliza-se

<sup>38</sup> Coesão: consiste na coesão dos diversos constituintes do revestimento, de forma a apresentar uma película contínua, isenta o mais possível de falhas (NUNES et al, 1990);

<sup>39</sup> Adesão ao substrato: consiste na perfeita e permanente aderência à superfície a ser protegida. A aderência ao substrato é obtida em maior grau pela ancoragem mecânica da tinta nas irregularidades da superfície e, em parte, pelas forças de atração de natureza molecular. (NUNES et al, 1990).

como anodos galvânicos ligas de magnésio, zinco ou alumínio, e o emprego depende da estrutura a proteger e do meio corrosivo.

- **Mecanismos básicos de proteção de películas de tinta**

- Proteção por barreira: Segundo Nunes et al (1990) este mecanismo está presente em praticamente todas as películas de tinta, sendo fundamental nas tintas de acabamento, atuando no sentido de impedir o contato entre o meio corrosivo e a superfície que se quer proteger, evitando que se estabeleçam as pilhas de corrosão. Gentil (2007) descreve que todas as películas são parcialmente permeáveis e com o tempo o eletrólito alcança a superfície e tem início o processo de corrosão. A eficiência da proteção depende da espessura do revestimento e da resistência da tinta.

- Proteção por pigmentos inibidores (Passivação Anódica): Nunes et al (1990) e Gentil (2007) apontam que pigmentos inibidores, tais como zarcão, cromato de zinco, fosfato de zinco, tetroxicromato de zinco, presentes na tinta de fundo (primer), conferem proteção por inibição anódica, que consiste em criar uma camada passiva sobre a superfície do metal. Ainda como mecanismo inibidor, apresentam-se os sabões metálicos, formados a partir da reação entre tintas a óleo e nas óleos modificadas, com o zarcão. O mecanismo inibidor neste caso é por adsorção do sabão na superfície metálica a se proteger;

- Proteção catódica por pigmentos metálicos anódicos: segundo Gentil (2007) para se proteger catódicamente um metal é necessário estabelecer ligação com um outro metal que lhe seja anódico, ou seja, menos nobre. Embora se espere que as tintas ricas em zinco, magnésio e alumínio confirmem proteção catódica ao aço, em termos práticos, apenas tintas ricas em zinco têm se mostrado satisfatórias, sendo assim chamadas pelo alto teor do metal nas películas secas, com valores adequados entre 80 e 93% em peso.

- **Pintura Industrial**

De acordo com Nunes et al (1990) as tintas apresentam como constituintes básicos:

- **Veículo:** "constitui-se na parte fundamental da tinta, sendo de modo geral, uma resina. É o elemento agregante das partículas formadoras da película de tinta e é o constituinte que mais a caracteriza."

Exemplos:

- Óleos: linhaça, soja, tungue, oiticica, mamona, etc.;

- Resinas alquídicas e fenólicas, puras ou modificadas com óleos;
- Resinas acrílicas, vinílicas, borrachas cloradas, estirenoacrilato;
- Resinas epóxi, poliuretana e silicone;
- Materiais betuminosos, tais como piche de carvão, alcatrão de hulha, asfaltos, etc.;
- Inorgânicos: silicato de sódio, silicato de etila ou etilosilicato, que se torna inorgânico após a cura.

- **Solvente:** "constitui-se normalmente na parte volátil da tinta. São compostos capazes de solubilizar as resinas e diminuir a viscosidade, facilitando aplicabilidade das tintas. Os solventes são em geral selecionados em função da natureza do veículo da tinta."

Exemplos:

- Hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos;
- Álcoois;
- Ésteres.

- **Pigmentos:** "São substâncias em geral pulverulentas, adicionadas às tintas para dar cor, encorpar a película, conferir propriedades mecânicas ou anticorrosivas."

Exemplos:

- Pigmentos que dão opacidade e cor (tintoriais): dióxido de titânio (branco), negro de carbono, óxido de ferro, pó de alumínio, etc.;
- Pigmentos encorpantes e reforçantes (cargas): carbonato de cálcio, talco, barita, etc.;
- Pigmentos anticorrosivos: zarcão, cromato de zinco, tetroxicromato de zinco, fosfato de zinco, etc.

### ***Limpeza e preparo da superfície:***

Antes da aplicação da tinta, a superfície metálica deve ser preparada visando remover sujidades e óxidos. Posteriormente, deve-se proceder a aplicação da tinta de fundo ou "primer", em uma ou mais demãos, sendo normalmente responsável pela proteção anticorrosiva, pois geralmente apresenta pigmentos, que em contato com o metal, conferem maior eficácia da proteção contra a corrosão. Em alguns casos, a tinta de fundo é aplicada apenas para facilitar a adesão ou aplicação do esquema de pintura. Após a aplicação da tinta de fundo aplica-se a tinta de acabamento, em uma ou mais demãos, sendo conveniente que seja impermeável, pois confere, além da cor e acabamento, a primeira barreira entre o



eletrólito e a tinta de fundo. Em alguns casos utiliza-se uma tinta intermediária, por economia, para facilitar aplicação ou mesmo a adesão entre as películas (NUNES et al, 1990).

A espessura da tinta a ser aplicada depende da natureza da tinta e da agressividade do meio corrosivo. Para atmosfera altamente agressiva, 250 $\mu\text{m}$ ; medianamente agressiva, 160 $\mu\text{m}$ ; e pouco agressiva, 120 $\mu\text{m}$ .

A limpeza e preparo da superfície consiste de uma importante etapa, que tem como propósito remover as impurezas que poderiam resultar em falhas no revestimento, além de proporcionar condições de aderência do revestimento ao substrato. Tendo em vista as diversas variáveis envolvidas, não existe um tratamento preparatório de superfície de caráter universal. As impurezas ou sujidades podem se classificar como: oleosas, semi sólidas, sólidas, em óxidos e produtos de corrosão (carepa de laminação), que podem se apresentar em quatro graus de oxidação (A, B, C e D), estabelecidas nas normas SIS 05 5900 e ISO 8501. A presença de sais aumenta a absorção de umidade e pode gerar empolamento da pintura, corrosão do substrato e perda de aderência; os óleos além de prejudicar a aderência, podem ocasionar crateras e porosidades. Entretanto, torna-se necessário conhecimento do tipo de proteção a ser empregada, pois sabe-se que alguns filmes ou películas são benéficos em casos de fosfatização, ou mesmo, já foram registrados casos de bons resultados em tintas aplicadas sobre camadas oxidadas (GENTIL, 2007).

Gentil (2007) aponta que alguns processos para preparo de superfícies metálicas são padronizados em normas, destacando a americana SSPC, a sueca SIS 05 5900-67 e recentemente a ISO 8501 e a ISO 8504. Os meios de remoção mais comumente utilizados são a limpeza com solventes e a limpeza com ação química ou mecânica, podendo ocorrer de forma isolada ou associada.

Gentil (2007) descreve que a limpeza com solventes restringe a remoção de sujidades que não tenham reagido quimicamente com a superfície, principalmente óleos e sais, sendo geralmente associada a limpeza por ação mecânica. Os produtos mais utilizados são: detergentes, soluções alcalinas, solventes orgânicos, vapor e águas doce, e a escolha depende do grau e tipo de contaminação, dimensão e geometria das estruturas, condições de acesso e de execução.

A limpeza por ação química pode ser feita de duas formas, por decapagem ácida e por decapagem alcalina. A primeira consiste em imergir as peças em soluções ácidas,

normalmente em presença de inibidores de corrosão e as mesmas devem ser lavadas após o processo. A decapagem alcalina pode ser utilizada em ferro e aço por não atacar o metal, e apesar da ação lenta e mais difícil, pode remover óxidos de peças frágeis e de precisão (GENTIL, 2007).

Por ação mecânica, a limpeza pode ocorrer de três formas: por meio de ferramentas mecânicas ou manuais, por jateamento abrasivo e por hidrojateamento. Em se tratando de pinturas industriais o primeiro caso é indicado apenas quando não for possível o jateamento abrasivo, sendo importante destacar que este processo não remove completamente os produtos de corrosão, sendo assim a durabilidade do revestimento é inferior (GENTIL, 2007).

Nunes et al (1990) aborda apenas a limpeza mecânica no preparo da superfície para pintura industrial. Descreve que primeiramente deve-se realizar inspeção visual, para em seguida proceder limpeza com solvente e remoção de defeitos superficiais, por esmerilhamento. Após essas operações procede-se a limpeza por ação mecânica. A limpeza manual, por meio de escovas de aço, raspadores, lixas, entre outros, assim como, a limpeza com ferramentas mecânicas manuais, como escovas rotativas, martelotes e lixadeiras, são consideradas precárias, e aconselhadas apenas quando não for possível utilizar métodos mais eficientes, como o jateamento abrasivo.

A limpeza por meio de jateamento abrasivo é dos métodos mais eficientes, promovendo a remoção de contaminantes e criando um perfil de ancoragem adequado para a aderência da pintura ao substrato. Entretanto, é necessário limpeza prévia por meio de solventes, para evitar contaminação. O método consiste em colidir partículas de abrasivos, em alta velocidade, por meio de ar comprimido ou força centrífuga, sendo a primeira mais utilizada. Alguns cuidados são importantes para evitar contaminação da superfície, como a qualidade do ar que deve ser limpo e seco. Em qualquer dos casos, após o procedimento, a superfície deve receber limpeza com aspirador de pó, ar comprimido seco e limpo ou escova limpa (GENTIL, 2007).

Nunes et al (1990) informa os graus de limpeza com jateamento abrasivo:

- limpeza ligeira ou jato de escovamento: constitui-se numa limpeza ligeira e precária, em geral pouco empregada para pinturas, exceto em alguns casos de repintura. A retirada do produto de corrosão neste caso situa-se em torno de 5%. Corresponde ao padrão Sa1 da norma SIS 05 5900;

- limpeza ao metal cinza ou jateamento comercial: constitui-se numa limpeza com retirada de óxidos, carepa de laminação, etc., em cerca de 50% da superfície a ser pintada. Corresponde ao padrão Sa2 da norma SIS 05 5900;
- limpeza ao metal quase branco: constitui-se numa limpeza de superfície com a retirada quase total dos óxidos, carepa de laminação, etc., admitindo-se cerca de 5% da área limpa com manchas ou raias de óxidos encrustados. Corresponde ao padrão Sa 2 1/2 da norma SIS 05 5900;
- limpeza do metal branco: constitui-se numa limpeza com a retirada total de óxidos, carepa de laminação, etc., deixando-se a superfície do metal completamente limpa. Corresponde ao padrão Sa3 da norma SIS 05 5900;

De fundamental importância são as características dos abrasivos, que não devem apresentar pH ácido ou alcalino e devem estar isentos de sais e outros contaminantes. A granulometria deve ser uniforme e o abrasivo de ser duro, essas propriedades influenciam no perfil de rugosidade desejado. Os principais abrasivos utilizados são: escória de fundição de cobre, granalha de aço, bauxita sinterizada e a areia, esta última com uso restrito, tendo sido proibida quando utilizada seca, pois a inalação do "pó", essencialmente composto por sílica pode causar doença letal. A utilização da escória no Brasil tem aumentado pelas restrições no uso da areia. A granalha tem uso limitado a ambientes confinados por ser sensível à umidade e a bauxita pelo seu custo elevado (GENTIL, 2007).

A solução adotada para utilização do jateamento com areia tem sido adicionar água ao processo. Neste caso, a superfície pode sofrer rápida oxidação, sendo recomendável pintura em até duas horas após a limpeza, não sendo possível, deve-se adicionar inibidor de corrosão na água. Após o jateamento, a superfície deve ser lavada com água doce para remover a "lama", e efetua-se a pintura mesmo com início de oxidação, com tintas tolerantes a oxidação rápida ou tolerantes a umidade residual. Uma prática que vem sendo realizada consiste na escovação das áreas que oxidaram rapidamente, para remover a corrosão ainda não aderente (GENTIL, 2007).

Em pinturas anticorrosivas, o hidrojateamento é um método muito utilizado, cujo processo de remoção dos contaminantes é feita com água a altas pressões, regida pela norma SSPC-SP12/NACE No.5. Possui como vantagens uma eficiente remoção de contaminantes da superfície, em especial o sal solúvel; não gera pó durante o processo; e não é nocivo ao meio ambiente. Como desvantagem, não confere rugosidade à superfície, sendo esta uma importante característica para a adesão da tinta ao substrato. O processo leva a rápida

oxidação das áreas metálicas jateadas, que podem resultar em graus variados em função do meio e tempo de exposição.

Nunes et al (1990) indica alguns recursos que complementam a preparação da superfície:

- Fosfatização: emprego de misturas fosfatizantes, que em contato com os óxidos auxilia na ancoragem do filme e inibe processos de corrosão;
- Emprego de condicionamento na superfície: emprego de tinta capaz de ancorar sobre uma superfície com limpeza apenas razoável, permitindo que esquemas de maior nobreza passem a ser aplicados, sendo essencial na aplicação de tintas sobre superfícies galvanizadas, alumínio e ligas de Zn e Al. Ex: wash primer ou primer de lavagem.
- Emprego de tintas conversoras de ferrugem: são aplicadas sobre superfícies com pouca limpeza, ou seja oxidadas. GENTIL (2007) ressalta que para aplicação de tintas sobre camadas oxidadas, estas devem estar limpas, compactas e aderentes, sendo indicada apenas quando for impossível realizar tratamento de superfície eficiente.

### ***Escolha da tinta:***

Nunes et al (1990) aponta que não existe uma nomenclatura padrão para nomear as tintas, mas uma tendência. A tinta de fundo é formada pelo nome do primeiro inibidor ou protetor, seguido do nome do veículo. Ex.: zarcão óxido de ferro epóxi (pigmento zarcão + óxido de ferro e o veículo epóxi); Para a tinta de acabamento há duas formas de designação, por esmalte seguido do nome do veículo e da cor da tinta. Ex.: esmalte epóxi branco; e por tinta de acabamento, seguido do nome do veículo e da cor. Ex.: tinta de acabamento epóxi branca.

Segundo Gentil (2007) as resinas relacionadas abaixo possuem as seguintes características:

- **Resinas vinílicas** → as de maior interesse para proteção à corrosão são os copolímeros obtidos a partir dos monômeros cloreto e acetato de vinila, apresentando elevada resistência química a ácidos, álcalis e sais; no entanto, têm baixa resistência térmica, não sendo recomendadas quando sujeitas a temperaturas superiores a 70°C. Em atmosferas marítimas e industriais as tintas fabricadas com esse tipo de resina têm-se constituído num dos principais revestimentos anticorrosivos.
- **Resinas acrílicas** → obtidas a partir dos ácidos acrílico e metacrílico por meio da esterificação. Sua principal característica é a retenção de cor, não amarelando quando exposta às intempéries, devido a sua grande resistência à decomposição pelos raios ultravioletas. São

empregadas quando há problemas de poluição ambiental, como na pintura em ambientes confinados ou com baixa ventilação.

- **Óleos vegetais** → as tintas a óleo conferem uma boa proteção anticorrosiva ao aço em atmosferas não muito agressivas, pois a sua resistência química não é elevada. Os óleos mais utilizados são o óleo de linhaça, óleo de tungue, óleo de soja, óleo de oiticica e óleo de mamona. São empregados como veículo fixo único na fabricação de tintas, no entanto, têm secagem lenta e tendência ao amarelecimento.

- **Resinas alquídicas** → são conhecidas, também, como tintas sintéticas. Possuem resistência química superior às tintas a óleo mas, também, são passíveis de serem saponificadas. Não são indicadas para atmosferas agressivas quimicamente. Em atmosferas rural, urbana, industrial leve apresentam bom desempenho, além de possuírem custo inferior ao das outras tintas anticorrosivas.

- **Resinas epoxídicas** → esse tipo de resina é um dos mais importantes tipos de veículos para o combate à corrosão. Deriva-se de suas propriedades de boa aderência e de resistência química, além da alta resistência à abrasão e ao impacto. Apresentam, ainda, aplicação na fabricação de tintas de fundo ricas em zinco, para pinturas de alto desempenho em atmosferas de alta agressividade.

- **Resinas poliuretânicas:** fornecidas em dois componentes, sendo o A uma resina poliidroxiada (poliéster ou acrílica) e o B um agente de cura, poliisocianato alifático ou aromático. Possuem excelentes propriedades anticorrosivas, em meios de alta agressividade, além de se caracterizar pela dureza e resistência a abrasão.

Cândido (2010) destaca que embora existam outros tipos de tintas, as estruturas metálicas utilizam basicamente três tipos de tinta anticorrosiva em suas diversas aplicações: tintas à base de resinas alquídicas, tintas à base de resinas epoxídicas e tintas à base de resinas de poliuretano (respectivamente em ordem crescente de nobreza e custo).

a) Tintas à base de resinas alquídicas modificadas com óleo: São as tintas mais utilizadas nas estruturas metálicas. Os tipos mais importantes de resinas alquídicas são: zarcão/alquídico, óxido de ferro/alquídico e de acabamento (esmaltes sintéticos). São indicadas para a pintura de estruturas em ambiente sem poluição e com clima ameno.

b) Tintas a base de resinas epóxi: São tintas bicomponentes, de alta performance e custo médio. O componente “A” é normalmente formado pela resina epóxi devidamente pigmentada. O agente de cura ou endurecedor é uma resina de poliamina, poliamida ou

isocianato. Tintas epóxi curadas com poliamina resultam em um filme com maior resistência química, principalmente a ácidos e álcalis.

c) Tintas à base de resina de poliuretano: São tintas bicomponentes, de alta performance, alta resistência a agentes químicos, resistente à abrasão, de grande beleza no acabamento e retenção de brilho. São usadas como acabamento, na forma de esmaltes e vernizes, em atmosferas altamente agressivas. O componente “A” pode ser poliéster ou acrílico, e o componente “B” um isocianato aromático ou alifático.

Gentil (2007) recomenda que estruturas enterradas ou imersas em águas agressivas recebam além de pintura adequada, proteção catódica. Um dos esquemas de pintura empregado para estruturas já submersas em água consiste na preparação da superfície com hidrojateamento e aplicação de duas demãos de tinta epóxi-alcitrão de hulha curada com poliamina, de alta resistência à abrasão, com espessura de 250µm acima d'água e 450µm abaixo d'água.

As tintas podem ser aplicadas por imersão simples onde se mergulha a peça em um tanque, havendo inconveniente da espessura irregular; imersão eletroforética, com formulação especial que permite camada uniforme, muito utilizada em indústria automobilística; aspersão simples por auxílio de equipamentos e ar comprimido; aspersão a quente para tintas com maior viscosidade; aspersão sem ar ou com pistola de alta pressão, de custo elevado e indicado para grandes superfícies planas; aspersão eletrostática cujo processo estabelece melhor aproveitamento da tinta e revestimento. A aplicação com rolo é indicado para superfícies grandes e planas. A trincha possui uso generalizado pois não exige mão de obra especializada, é adequado para cantos, arestas etc, mas apresenta baixo rendimento e aspecto mais grosseiro (GENTIL, 2007).

- **Medidas Preventivas de Projeto**

Gentil (2007) aponta que algumas medidas podem ser tomadas com o objetivo de se atenuar a ação corrosiva de um meio, ou mesmo permitir um melhor desempenho dos acabamentos de proteção.

Estes cuidados começam ainda em fase de projeto: uso de soldas contínuas para se evitar bolsas e reentrâncias; não formar ângulos fechados e estrangulamentos nas tubulações; evitar o aparecimento de tensões nas estruturas devido a possíveis expansões térmicas e a aplicação de esforços; manter lisas e livres de reentrâncias e frestas as superfícies por onde passam

líquidos; preferir peças totalmente enterradas ou aéreas, em vez de apenas parcialmente enterradas, para evitar aeração diferencial; usar metais mais resistentes à corrosão; estabelecer condições de relação áreas anódica/catódica para valores maiores do que um; evitar cantos vivos e preferir os arredondados; evitar área de estagnação de água e prever drenagem quando necessário; evitar acúmulo de umidade e agentes corrosivos próximos de juntas; evitar frestas e quando não for possível eliminá-la promover vedação, usando preferencialmente vedante de elasticidade; vedar regiões de contato das partes inferiores das colunas com suas bases, usando vedante ou tinta de alta espessura como alcatrão de hulha-epóxi; reduzir o número de conexões parafusadas, preferindo as soldas contínuas; revestir áreas de parafusos com tinta de alta espessura; evitar porosidades e frestas nas soldas; evitar soldas com bolsões; evitar ligações temporárias e quando necessário eliminá-la após o uso e retocar o revestimento; minimizar áreas sujeitas a retenção de resíduos e umidade; evitar pares galvânicos, materiais de potenciais diferentes, se necessário, utilizar isolante; evitar frestas entre as estruturas, que impeçam manutenção; possibilitar acesso para limpeza, aplicação de revestimento e manutenção; inspecionar a estrutura periodicamente, de seis em seis meses; escolher o melhor tipo de proteção, em função do meio agressivo; entre outros;

A prevenção da corrosão atmosférica está associada às boas práticas de projeto, que abrangem cuidados como: evitar canais que podem acumular umidade, evitar cavidades dentro de estruturas soldadas, preferir solda de topo, niveladas e eliminar fendas. A escolha por aços patináveis também podem contribuir na proteção da corrosão (ASM Metals Handbook, 1992).

Sempre que possível, as fendas devem ser evitadas em fase de projeto. Mas caso sejam inevitáveis, devem ser mantidas abertas e rasas para favorecer acesso ao ambiente, sendo de grande importância a limpeza, de forma a evitar deposição de agentes agressores nas superfícies metálicas. Nas áreas críticas, as sobreposições podem receber soldas com ligas mais resistentes à corrosão ou mesmo ser utilizada proteção catódica. As duas soluções têm se mostrado eficazes, mas exigem conhecimento da liga a ser adicionada (ASM Metals Handbook, 1992).

As figuras A.6 e A.7 apresentam problemas frequentes em detalhes construtivos e apontam soluções como medidas preventivas, ou mesmo, corretivas de projetos.


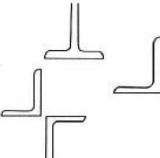
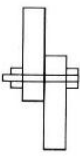

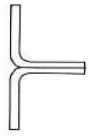
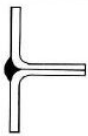
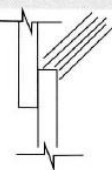
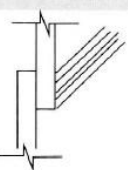


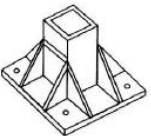
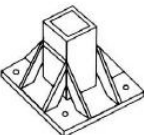
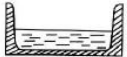



PROBLEMA	SOLUÇÃO O TÍPICA	PROBLEMA	SOLUÇÃO TÍPICA
UMIDADE E SUJEIRA PODEM SE ACUMULAR NA FENDA	UTILIZE PERFIL T OU OUTRA GEOMETRIA	UMIDADE PENETRA NA FENDA	UTILIZE CORDÃO DE SOLDA OU SELANTE
			
CORROSÃO POTENCIAL (FRESTA)	ELIMINE A FENDA POR SOLDAGEM OU SELANTE (EPOXI OU POLIURETANO)	CONDIÇÃO DESFAVORÁVEL	CONDIÇÃO FAVORÁVEL
			
CANTOS VIVOS E SOLDA DESCONTÍNUA	CANTOS ARREDONDADOS E SOLDA CONTÍNUA	REFORÇOS CRIAM ACÚMULO DE ÁGUA E SUJEIRA	ELIMINE O ACÚMULO DE ÁGUA E SUJEIRA
			
CUIDADO COM O ACÚMULO DE ÁGUA E SUJEIRA	CRIE SITUAÇÕES QUE EVITEM O ACÚMULO DE SUJEIRA E ÁGUA		
			
			

Figura A. 6: Problemas e soluções de detalhes construtivos.  
Fonte: PANNONI (2007).

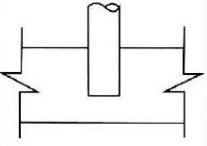
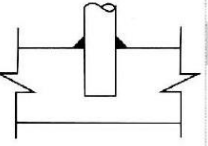




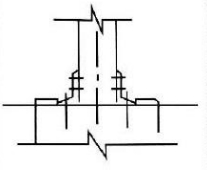
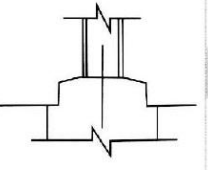
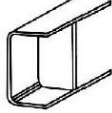
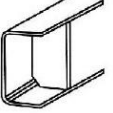
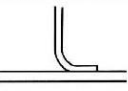

PROBLEMA	SOLUÇÃO O TÍPICA	PROBLEMA	SOLUÇÃO TÍPICA
UMIDADE E SUJEIRA PODEM SE ACUMULAR NA FENDA	USE SELANTE PARA DIFICULTAR O INGRESSO DA ÁGUA	ÁGUA RETIDA	NÃO ACUMULA ÁGUA
			
		SOLDA NA BASE CRIA FRESTA	SOLDE O TOPO DA JUNTA
			
A CHAPA DE BASE E OS CHUMBADORES NO NÍVEL DO SOLO RESULTA EM RETENÇÃO DE ÁGUA	A CHAPA DE BASE ACIMA DO SOLO, SOBRE BASE DE CONCRETO PROMOVE A PROTEÇÃO. INCLINAÇÃO PARA A DRENAGEM DA ÁGUA	ENRIJECEDORES IMPEDEM A DRENAGEM	DEIXE FURO PARA A DRENAGEM
			
		CRIAÇÃO DE FRESTA	ELIMINAÇÃO DE FRESTA
			

Figura A. 7: Outros exemplos de problemas e soluções de detalhes construtivos.  
Fonte: PANNONI (2007).

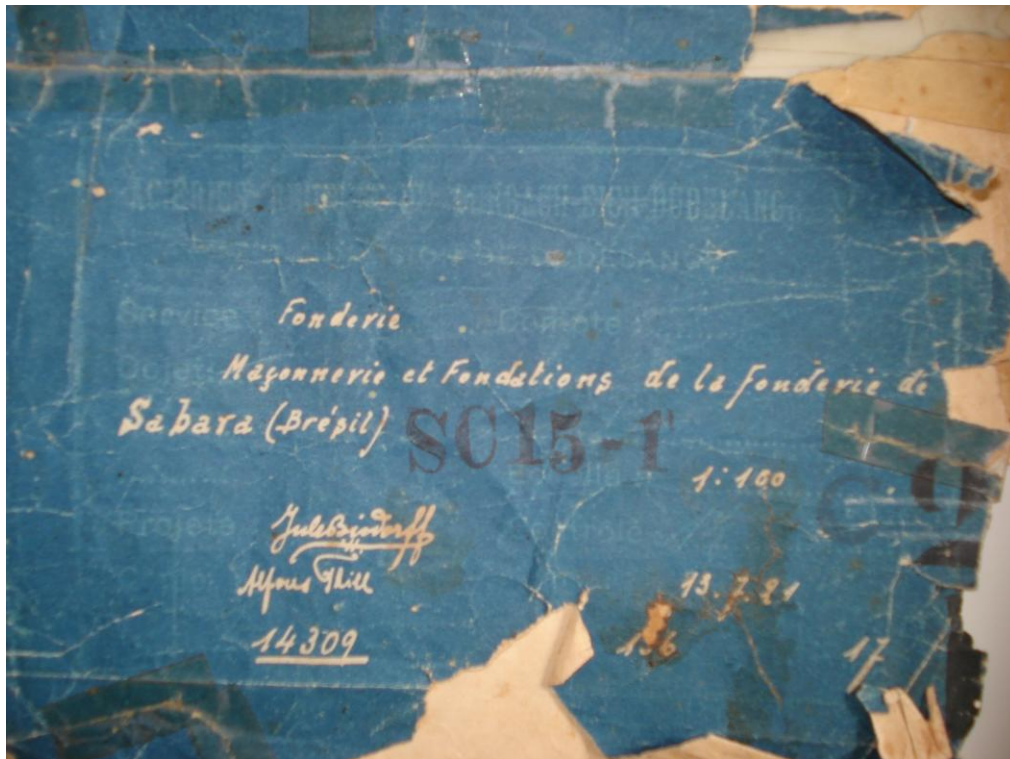


**ANEXOS**

---

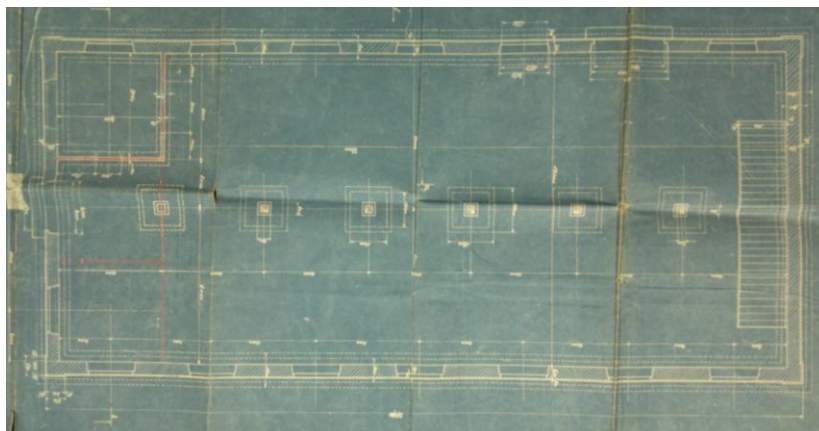
**Imagens do Projeto da Fundição - Antiga Companhia Belgo Mineira em Sabará**

Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal - Sabará/MG.

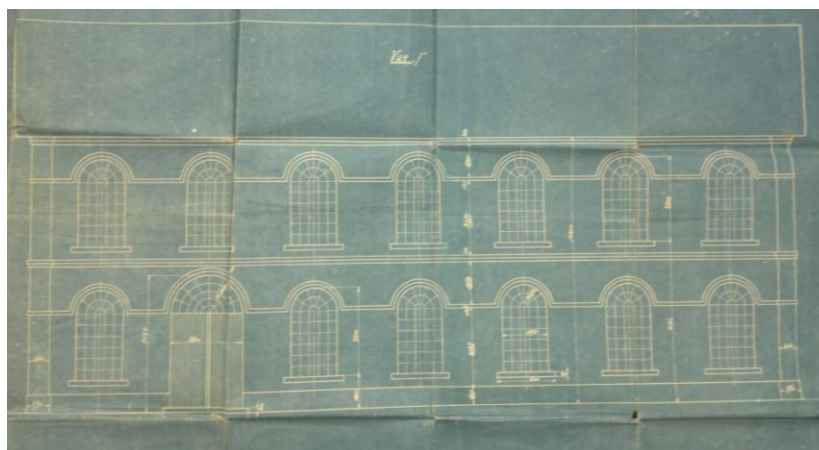
**Imagem do selo da prancha do projeto da Fundição, datado de 1921.****Imagem do projeto da Fundição, desenhos de planta, corte e fachada.**

**ANEXO B****Imagens do Projeto da Modelagem - Antiga Companhia Belgo Mineira em Sabará**

Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal - Sabará/MG.



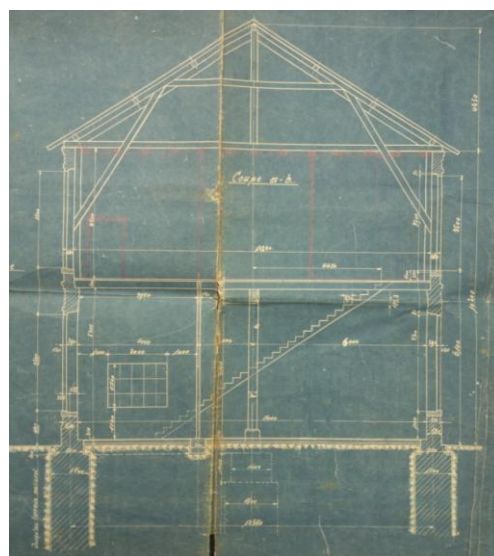
**Planta do projeto original da Modelagem, datado de 1921.**



**Fachada lateral esquerda**



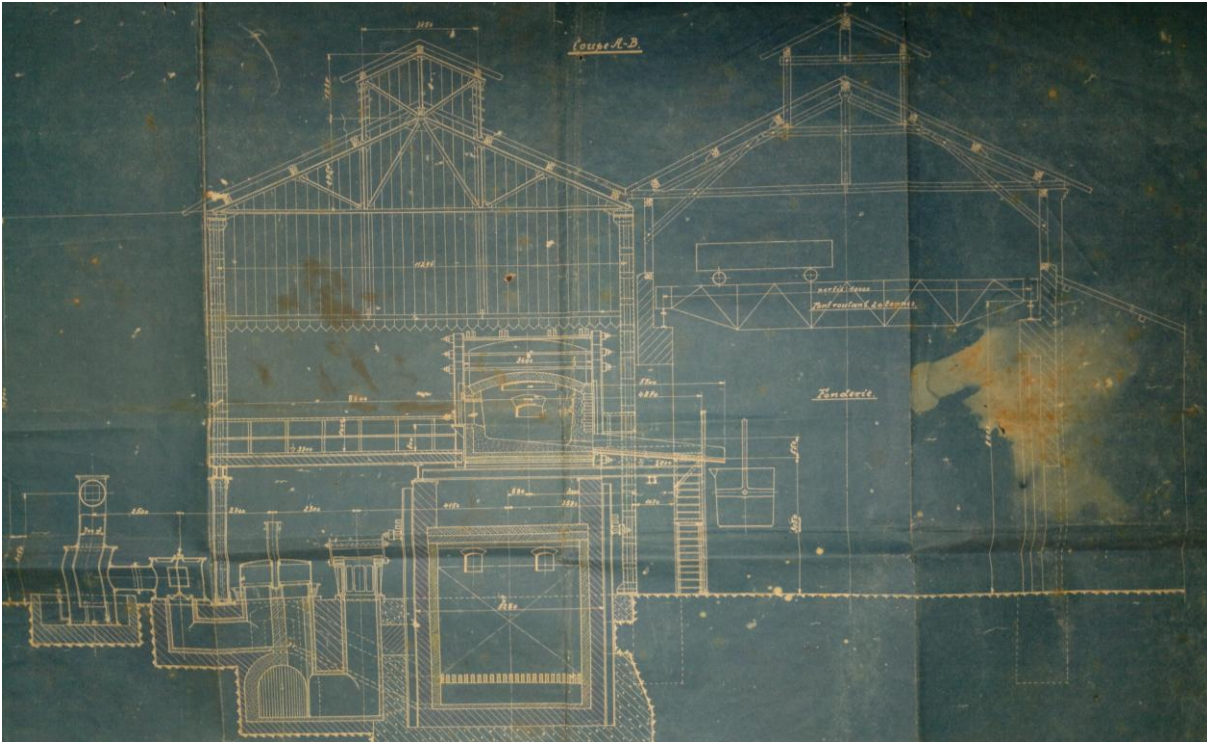
**Fachada Frontal**



**Corte transversal**

**Corte do projeto da Fundição e Galpão do forno Siemens Martin - Antiga Companhia Belgo Mineira em Sabará**

Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal - Sabará/MG.

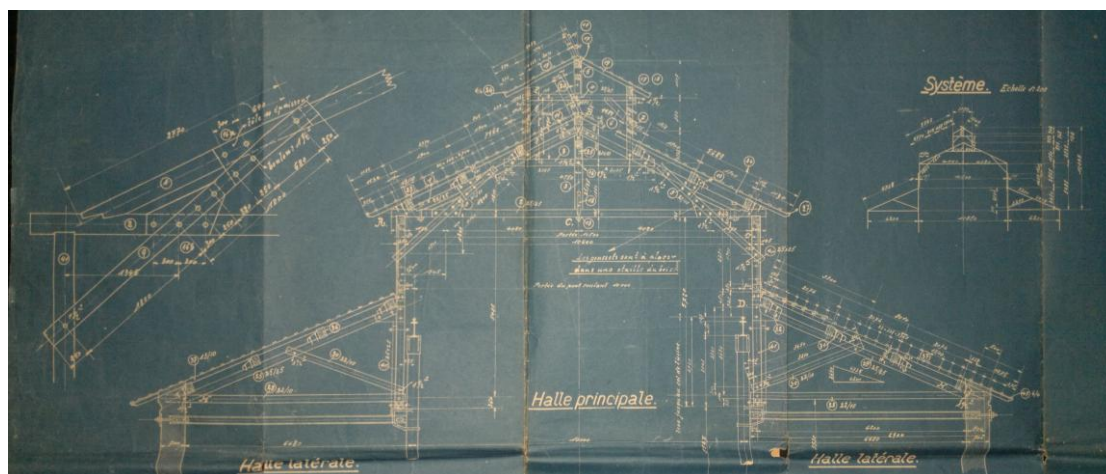


**Corte transversal, datado de 1924. Volume à direita Fundição e à esquerda Forno Siemens Martin.**

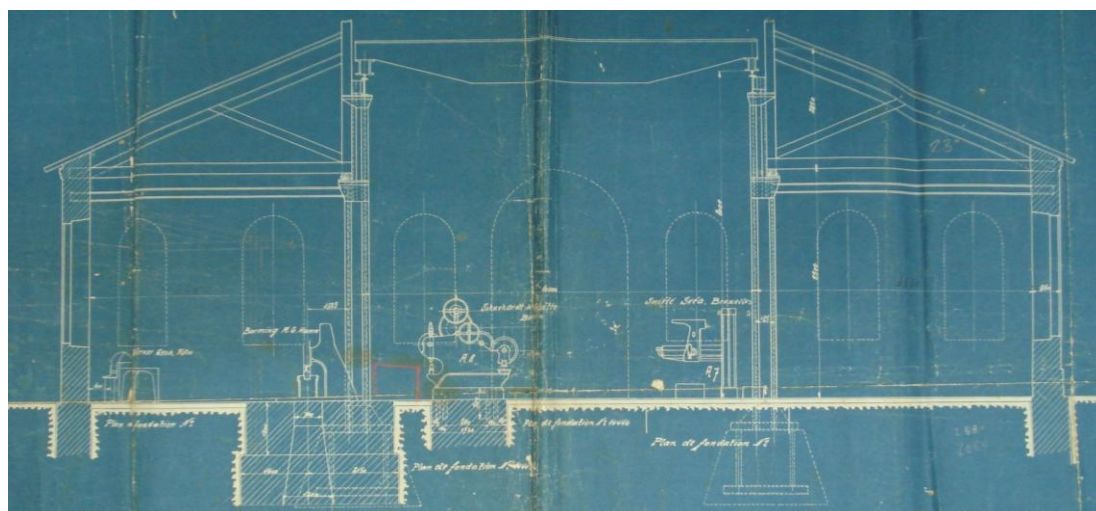
## ANEXO D

**Projeto do galpão da Oficina Mecânica - Antiga Companhia Belgo Mineira em Sabará.**

Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal - Sabará/MG.



**Corte transversal, datado de agosto de 1921.**



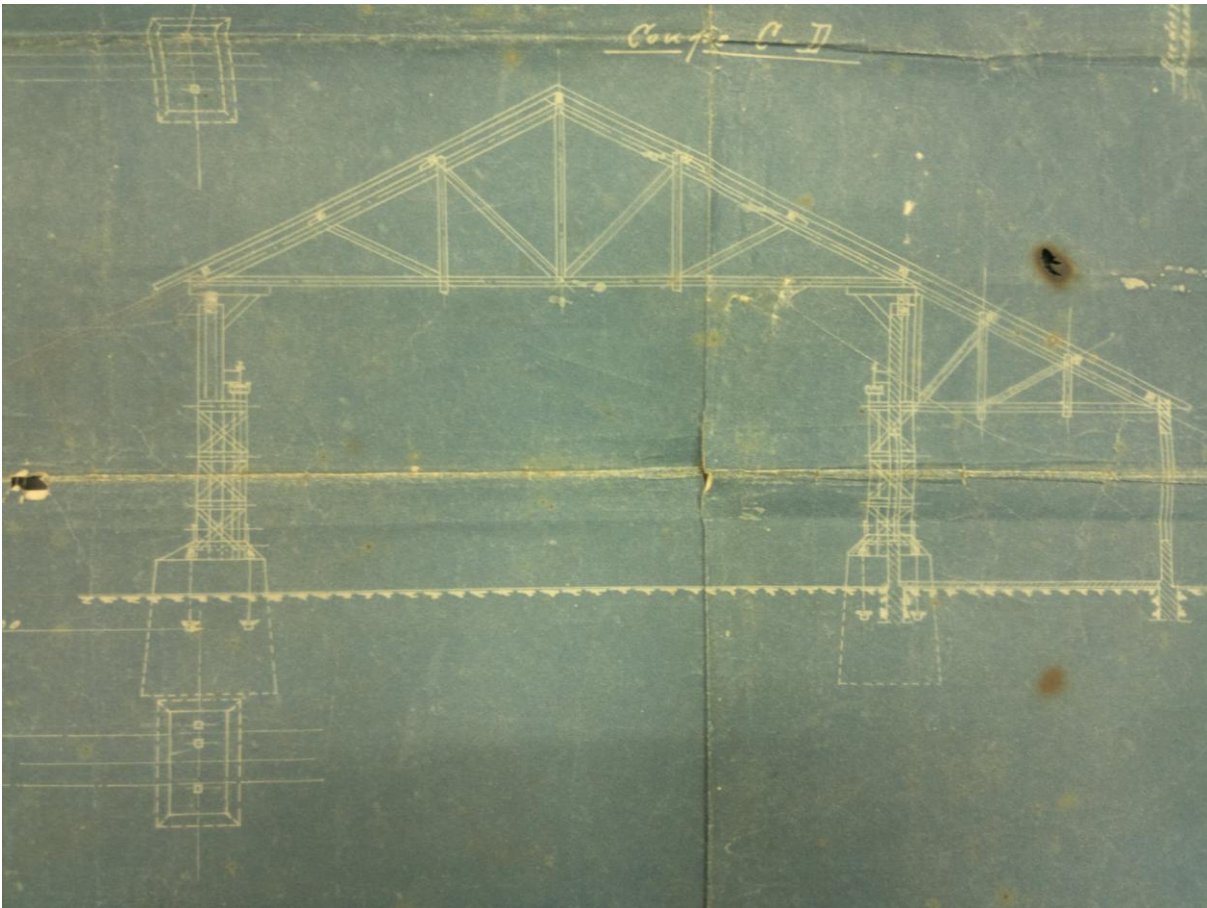
**Corte transversal**



**Fachada lateral datada de 1921.**

**Projeto do Laminador - Antiga Companhia Belgo Mineira em Sabará.**

Fonte: Acervo Programa Memória ArcelorMittal - Sabará/MG.



**Corte transversal do projeto do Laminador datado de 1923.**