



**EVTE E PLANO DE NEGÓCIOS
UNIDADE DEMONSTRATIVA DE PRODUÇÃO DE
CARVÃO VEGETAL – SISTEMA FORNO/FORNALHA**

**Licitação (RFP) JOF-0319/2017 Projeto BRA/14/G31
Contrato N° BRA10-36189/2018
Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD
Escritório do Brasil**

**Contratado: CP Empreendimentos Ltda.
CNPJ/MF N° 25.594.425/0001-05**

**PRODUTO 2 - ESTUDO DE VIABILIDADE
TÉCNICA E ECONÔMICA EVTE**

Brasília, DF, Maio 2018



1 ANTECEDENTES

O presente Relatório refere-se à Licitação (RFP) JOF-0319/2017 no âmbito do Projeto BRA/14/G31, Contrato N° BRA10-36189/2018, referente ao desenvolvimento de plano de negócios a partir da elaboração de estudo de viabilidade técnico e econômico - EVTE aplicado a uma Unidade Demonstrativa de Produção de Carvão Vegetal – Sistema Forno/Fornalha da Universidade Federal de Viçosa (UFV) a ser implantada no município de Lamim/MG.

Cabe mencionar que os acertos iniciais foram objeto de reunião prévia, ocorrida na sede da JOF - *Joint Operations Facility*, ONU-BR, em 23 de Janeiro de 2018. Na ocasião foi confirmada a atuação da equipe técnica constante da Proposta elaborada pela CP Empreendimentos Ltda., a saber, Luiz Antonio F. Cascão e Carlos de Souza Pinto - economistas - diretores da CP Empreendimentos Ltda., Waldir Quirino - engenheiro florestal - consultor especial e Cesar Cascão - especialista em elaboração de projetos - diretor da CP Empreendimentos, bem como foram apresentadas pela consultoria as primeiras considerações relativas à metodologia a ser adotada no decorrer do trabalho.

Na elaboração deste Relatório foram examinados - e considerados - todos os documentos anteriormente elaborados no âmbito do projeto e disponibilizados pelos contratantes à CP Empreendimentos, inclusive aqueles ainda de uso restrito. Esta documentação foi complementada por dados secundários, bem como por outras fontes de informação do acervo dos consultores.

Na etapa seguinte procedeu-se a visita ao campo (Belo Horizonte, Lamim e Viçosa), onde foram entrevistados atores chaves do setor detentores de informações relevantes para o presente trabalho, cuja listagem é apresentada no Anexo1 deste documento.

Deste modo, elaborou-se o presente Relatório, o Produto 2 constante dos Termos de Referência do Contrato.



SUMÁRIO

1	ANTECEDENTES	ii
	SUMÁRIO	iii
	LISTA DE FIGURAS	v
	LISTA DE TABELAS	vii
2	ESCOPO DO TRABALHO	11
3	ESTUDO DE MERCADO	12
3.1	ENERGIA	12
3.1.1	CENÁRIO INTERNACIONAL DE ENERGIA	12
3.2	PERSPECTIVAS NO BRASIL.....	18
4	FERRO-GUSA E AÇO.....	31
4.1	CENÁRIO MUNDIAL.....	31
4.2	O CENÁRIO BRASILEIRO	34
4.3	MINAS GERAIS.....	41
4.4	PERSPECTIVAS	46
5	O AMBIENTE DO PROJETO	52
5.1	AMBIENTE INSTITUCIONAL	52
5.2	. FONTES DE FINANCIAMENTO	54
5.3	O AMBIENTE ECONÔMICO E SOCIAL DO PROJETO	57
6	O PRODUTO.....	68
6.1	PROCESSO DE CARBONIZAÇÃO E O FORNO-FORNALHA DA UFV.....	68
6.1.1	Fornos de encosta ou barranco	69
6.1.2	Fornos de superfície e "rabo quente"	70
6.1.3	Sistema de carbonização forno/fornalha desenvolvido pela Universidade de Viçosa	74
6.1.4	Aumento do rendimento com sistema de queima dos gases.....	77
6.1.5	Construção da Unidade Demonstrativa de Lamim	79
7	A VIABILIDADE ECONÔMICA	83
7.1	INTRODUÇÃO	83
7.2	LOCALIZAÇÃO.....	83



7.3	PARÂMETROS GERAIS DA AVALIAÇÃO ECONÔMICA.....	85
7.3.1	Horizonte de Análise, Depreciação e Valor Residual.....	86
7.3.2	Capital de Giro	86
7.3.3	Custo de Manutenção e Conservação	86
7.3.4	Carga Tributária	87
7.3.5	Mão de Obra.....	87
7.3.6	Rendimento Gravimétrico - RG	87
7.3.7	Curva de Aprendizado	88
7.3.8	Preços Praticados e Projeção das Receitas	88
7.4	PARÂMETROS ESPECÍFICOS DA AVALIAÇÃO ECONÔMICA	89
7.4.1	Cenário 1 = Unidade Demonstrativa de Lamim.	89
7.4.2	Cenário 2 = Fornos de encosta	91
7.4.3	Cenário 3 – Fornos de Superfície.....	92
7.5	INDICADORES DE VIABILIDADE	92
7.6	ANÁLISE DA SENSIBILIDADE	100
8	CONCLUSÃO	103

ANEXO I - LISTA DE PESSOAS ENTREVISTADAS

ANEXO II – RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

LISTA DE FIGURAS

Figura1: Mundo - Consumo de combustível por região em 2015 (%)	13
Figura2: Mundo -Evolução da geração de energia renovável (trilhões de BTU)	13
Figura3: estados Unidos - Consumo de energia projetado (em quatrilhões de BTU)	14
Figura4: Mundo -Média de adição de capacidade energética por tipo	15
Figura5: Mundo - Evolução prevista da participação percentual das diversas fontes no consumo de energia (%).....	16
Figura6: Mundo - Geração elétrica de base renovável total e biomassa, em 2012 e nos cenários Novas Políticas, Políticas Atuais e Cenário 450 (TWh)	17
Figura7: Brasil - Oferta interna de energia	19
Figura8: Brasil - Consumo final de energia por fonte (%)	19
Figura9: Brasil - Evolução prevista da matriz energética (milhões de tep)	20
Figura10: Brasil - Consumo final energético por fonte (milhões de tep).....	20
Figura11: Consumo de carvão vegetal entre 2008 e 2016, por origem nativa e floresta plantada, em milhões de toneladas.....	22
Figura12: Produtividade e rotação média no Brasil <i>versus</i> outros importantes players mundiais (m ³ /ha/ano)	23
Figura13: Distribuição espacial da produção de carvão vegetal em 2016.....	24
Figura14: Evolução da produção de carvão vegetal em Minas Gerais comparada com Bahia e Maranhão (milhões de toneladas)	25
Figura15: Evolução dos preços médios pagos aos produtores de carvão vegetal em Minas Gerais, Maranhão e Bahia (R\$/t).....	26
Figura16: Brasil - Áreas de árvores plantadas por estado e gênero, 2016.....	28
Figura17: Brasil - Principais pontos de consumo de carvão vegetal.....	29
Figura18: Brasil -Evolução do consumo de carvão vegetal por tipo de uso	30
Figura19: Mundo - Evolução da produção de aço (milhões de toneladas).....	31
Figura20: Mundo - Principais produtores de aço (%)	32
Figura21: Principais destinos das exportações chinesas de aço	32
Figura22: Brasil - produção de aço bruto (1.000t).....	34
Figura23: Brasil - Evolução do consumo do carvão vegetal na produção de ferro-gusa.....	37

Figura24: Os Custos de Produção de Ferro Primário de 10 Maiores Países Produtores Mundiais de Aço (US\$/t).....	39
Figura25: Minas Gerais - Demanda de energia por fonte e por setor 2015.....	42
Figura26: Minas Gerais - Evolução da participação das fontes na demanda total	42
Figura27: Minas Gerais - Fluxo energético da fonte lenha e derivados 2015 ...	43
Figura28: Minas Gerais - Evolução do consumo do carvão vegetal	44
Figura29: Minas Gerais e Brasil - Evolução da produção de ferro-gusa pelas usinas independentes (1.000t)	46
Figura30: Evolução da produção de ferro-gusa das usinas integradas versus evolução da produção do PIB brasileiro	48
Figura31: Evolução da produção de ferro-gusa das usinas independentes versus evolução da produção do PIB brasileiro	48
Figura32: Evolução da produção total de ferro-gusa versus evolução da produção do PIB brasileiro.....	49
Figura33: Brasil: Comparação do crescimento do PIB e do setor de ferro-gusa	49
Figura34: Evolução da produção de ferro-gusa da produção independente versus evolução do PIB brasileiro.....	50
Figura35: Microrregiões da Zona da Mata MG	58
Figura36: IDH - Faixas de Desenvolvimento Humano	59
Figura37: Entorno de Lamim - Mapa viário	65
Figura38: Lamim - Acessos - condição das estradas.....	66
Figura39: Minas Gerais - Malha ferroviária	66
Figura40: Forno de encosta ou barranco, em Minas Gerais.	69
Figura41: Esquema ilustrativo da construção do forno de barranco de Minas Gerais, com um corte na cúpula	70
Figura42: Forno "rabo quente" demonstrativo construído pelo CETEC MG em 1982.....	71
Figura 43: ilustração de um forno de superfície com chaminé lateral.....	72
Figura 44: Forno de câmara externa Bateria Experimental da UnB no DF.....	72
Figura45: Fornos retangulares empregados pelos grandes produtores integrados	73
Figura 46: Maquete com proposta de carvoaria com Forno – fornalha MF1 – UFV – MG	74



Figura 47: Sistema forno fornalha UFV- com quatro fornos e uma fornalha central com chaminé – poços de leitura da temperatura na unidade demonstrativa de Lamim.....	75
Figura 48: Vista frontal do sistema forno – fornalha UFV com medidas em centímetros.....	78
Figura 49: Vista lateral do sistema forno – fornalha UFV com medidas em centímetros.....	79
Figura 50: Planta baixa do sistema forno – fornalha com medidas em centímetros.....	79
Figura 51: Vista em corte lateral com dimensões dos componentes da fornalha.....	81
Figura 52: Planta baixa da câmara de combustão e duto.....	82
Figura 53: forno – fornalha UFV de 12 estéreos. Fonte: Pesquisas com sistema forno – fornalha UFV.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela1 - Mundo-Taxa de crescimento da geração elétrica de base renovável total e biomassa, em 2012 e nos cenários Novas Políticas, Políticas Atuais e Cenário 450 (% a.a.).....	17
Tabela2 - Brasil - Oferta interna de energia.....	18
Tabela3 - Brasil - Área de árvores plantadas (1.000ha).....	28
Tabela4 - Brasil - Usos do carvão vegetal 2007-2016 (1000t).....	29
Tabela5 - Exportações mundiais de gusa (milhões de toneladas).....	34
Tabela6 - Brasil - Consumo de insumos de interesse do estudo pelo setor siderúrgico (1000t).....	35
Tabela7 - BRASIL - Produção total de ferro-gusa (t).....	36
Tabela8 - Minas Gerais - Capacidade instalada e produção estimada de gusa em 2017 por região (1000t).....	37
Tabela9 - Mercado interno de gusa (1000t).....	38
Tabela10 - Produção brasileira de fundidos em toneladas.....	38
Tabela11 - Situação dos plantios florestais em Minas Gerais de 2001–2014... 44	
Tabela12 - Evolução da quantidade de lenha produzida no Brasil e em Minas Gerais de 2004-2015 (Milhões de m ³).....	45
Tabela13 - Minas Gerais - Produção de ferro-gusa pelas usinas independentes (t).....	45



Tabela14 - Produção de ferro-gusa pelas usinas independentes por estado(1.000 t).....	47
Tabela15 - Fontes de financiamento florestal.....	56
Tabela16 - Fontes de financiamento florestal de interesse do projeto	56
Tabela17 - Lamim - IDH TOTAL	59
Tabela18 - Lamim - IDH EDUCAÇÃO.....	59
Tabela19 - Lamim - IDH RENDA	60
Tabela20 - LAMIM - INDICADORES SOCIAIS 2016.....	60
Tabela21 - Lamim - Estrutura fundiária.....	61
Tabela22 - Lamim - Evolução do rebanho bovino (animais)	63
Tabela23 - Custo matéria prima identificada em pesquisa efetuada por Raad 2018.....	88
Tabela24 - Parâmetros adotados para os três cenários	89
Tabela25–Projeção das Receitas	89
Tabela26 - Custo de construção da unidade demonstrativa de Lamim.....	90
Tabela27 - Custo de construção de quatro fornos de encosta em Lamim.....	92
Tabela28–Fluxo do Processo Produtivo – Cenário 1 – U.D. Lamim.....	94
Tabela29–Fluxo de Caixa – Cenário 1 – U.D. Lamim	94
Tabela30–Indicadores da Viabilidade Econômica – Cenário 1 – U.D. Lamim.....	95
Tabela31–Fluxo do Processo Produtivo – Cenário 2 – Forno de Encosta	96
Tabela32–Fluxo de Caixa – Cenário 2 – Forno de Encosta.....	96
Tabela33–Indicadores da Viabilidade Econômica – Cenário 2 – Forno de Encosta	97
Tabela34–Fluxo do Processo Produtivo – Cenário 3 – Forno de Superfície.....	98
Tabela35–Fluxo de Caixa – Cenário 3 – Forno de Superfície	98
Tabela36–Indicadores da Viabilidade Econômica – Cenário 3 – Forno de Superfície.....	99
Tabela37–Análise da Sensibilidade do Projeto - Custo de Aquisição da Madeira	101
Tabela38–Análise da Sensibilidade do Projeto - Preço de Venda do Carvão.....	102



SIGLAS E ABREVIações

a.a. - Ao ano
ABRAF - Associação Brasileira de Florestas Plantadas
AMS - Associação Mineira de Silvicultura
ANM - Agência Nacional de Mineração
APL - Área de Proteção Legal
APP - Área de Preservação Permanente
BB - Banco do Brasil
BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social
BP - British Petroleum
BTU - British thermal unit
CAFIR - Cadastro de Imóveis Rurais
CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável
CEI - Comunidade dos estados Independentes
CFEM - Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais
CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CIF - Cost, insurance and freight
CNT - Confederação Nacional dos Transportes
CO2 - Dióxido de Carbono
CO2e - Dióxido de Carbono evitado
COFINS - Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
COP - Conferência das Partes
COP 21 - Conferência das Partes (Acordo de Paris)
CSLL - Contribuição Sobre o Lucro Líquido
DBS - Development Bank of Singapore
DRI - Direct Reduced Iron
EIA - U.S. Energy Information Administration
EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EPE - Empresa de Pesquisa Energética
EVTE - Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica
FEA - Forno Elétrico a Arco
FGTS - Fundo de Garantia por Tempo de Serviço
GBH - Grande Belo Horizonte
GEE - Gases do Efeito Estufa
HBI - Hot-Briquetted Iron
IABr - Instituto Aço Brasil
IBÁ - Instituto Brasileiro de Árvores
ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IDH - Índice de Desenvolvimento Humano
IEA - International Energy Agency
IEF - Instituto Estadual de Florestas (MG)
IMA - Incremento Médio Anual
iNDC - Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas
INSS - Instituto Nacional de Seguridade Social
IPEF - Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais
IRPJ - Imposto de Renda Pessoa Jurídica
ITR - Imposto Territorial Rural
JOF - Joint Operations Facility



m³ - Metro Cúbico
MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MG - Minas Gerais
MMA - Ministério do Meio Ambiente
MME - Ministério de Minas e Energia
NDC - Contribuições Nacionalmente Determinadas
NDC - National Determined Contributions
OECD - Organization for Economic Cooperation and Development
OH - Open Heart
ONG - Organização Não Governamental
ONU - Organização das Nações Unidas
PCI – Pulverized Coal Injection
PIB - Produto Interno Bruto
PIS - Programa de Integração Social
ppm - Partes por Milhão
RG - Rendimento Gravimétrico
RL - Reserva Legal
RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural
SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SIGLAS
SINDIFER - Sindicato da Indústria de Ferro no estado de Minas Gerais
SINIMA - Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente
SNIF - Sistema Nacional de Informações Florestais
t - Tonelada
TCFA - Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental
TCFAMG - Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental de Minas Gerais
tep - Tonelada Equivalente de Petróleo
TWh - Terawatts hora
UFV - Universidade Federal de Viçosa
UNFCCC - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
UPC - Unidade de Produção de Carvão
USA - United States of America

2 ESCOPO DO TRABALHO

Muito embora o presente estudo tenha como foco a produção de carvão vegetal em pequenas unidades e para uso circunscrito ao mercado doméstico, primordialmente em Minas Gerais, a análise efetuada das perspectivas do cenário mundial de consumo de energia tem como principal utilidade uma visão das expectativas com relação às suas fontes de geração, das quais a madeira - notadamente o eucalipto - é parte integrante, concorrendo, portanto, com a produção de carvão vegetal para uso siderúrgico. Note-se que, no geral, as tendências globais comandadas pelos países mais desenvolvidos findam por nortear o comportamento de todos os demais países, na medida em que tecnologias novas e competitivas são difundidas - daí a utilidade dessa análise.

A partir dessas considerações, buscou-se configurar as principais tendências do mercado brasileiro de siderurgia e metalurgia, tendo como pano de fundo as incertezas decorrentes dos fatos novos relativos à geopolítica global, a recente crise econômica por que passou o Brasil, com a consequente ruptura de tendências e as oportunidades criadas pelos compromissos internacionais assumidos, notadamente no âmbito do Acordo de Paris.

A análise segue afunilando até a captura das especificidades do estado de Minas Gerais e do município de Lamim.

O EVTE segue os cânones usuais desse tipo de avaliação, evoluindo do "ambiente do projeto", onde são descritos os fatores de contorno do empreendimento proposto, como estratégias governamentais para o setor, fontes gerais e específicas de financiamento, o diagnóstico econômico e social da área do projeto, oferta e demanda do *output* e logística de distribuição.

O produto do projeto é descrito e comparado à outras tecnologias em uso, sendo que outros componentes usuais da elaboração de EVTE como localização e tamanho são dados, na medida em que se analisa a viabilidade econômica de um protótipo já implantado.

Finalmente, são descritos os custos e receitas esperados, permitindo o cálculo dos indicadores que sinalizam a viabilidade econômica do projeto, a partir dos quais pode-se proceder à análise da competitividade da nova tecnologia proposta.

É importante ressaltar que, esta é uma análise parcial em dois aspectos: por um lado, trata-se de uma inovação tecnológica ainda em desenvolvimento, na medida em que - conforme foi assegurado pela própria equipe de desenvolvimento do projeto, quando da visita da Consultoria à UFV - aperfeiçoamentos ainda estão sendo estudados; por outro lado, a efetiva perspectiva de disseminação do novo processo produtivo somente será estabelecida na próxima etapa do trabalho, o "Plano de Negócio".

3 ESTUDO DE MERCADO

3.1 ENERGIA

3.1.1 CENÁRIO INTERNACIONAL DE ENERGIA

Neste tópico, busca-se apresentar uma visão geral das perspectivas de evolução do mercado mundial de energia, com ênfase no comportamento recente e perspectivas futuras das fontes renováveis e suas implicações no potencial de evolução para o carvão vegetal na área do estudo.

No ano de 2014, a matriz energética mundial era composta por: 31,1% originada do petróleo e seus derivados, 29,0% do carvão mineral, 21,5% do gás natural, 4,7% da nuclear, 2,5% da hidráulica e 11,3% de outras fontes, como biomassa sólida e líquida, eólica, solar e geotérmica. As fontes renováveis representaram 13,8% da matriz energética mundial, nas quais considerou-se a soma da "hidráulica" e de "fontes renováveis" contidas em "outras"¹.

Segundo a mesma fonte, citando dados da *BP Statistical Review of World Energy*, no ano de 2015, o petróleo foi a fonte de combustível dominante nos países da África e Américas, enquanto o gás natural foi mais utilizado na Europa, Eurásia e Oriente Médio. Na região da Ásia-Pacífico, o carvão mineral foi o principal combustível utilizado. Os países do Oriente Médio utilizam quase exclusivamente o petróleo e o gás natural, que perfizeram 98% do seu consumo de energia. Esses dados são apresentados na Figura 1.

Vale mencionar, nos anos recentes, a mudança acelerada de perfil na rubrica "outras energias renováveis", onde predominam em dinamismo as energias eólica, solar e de biomassa². Embora os dados globais disponíveis sejam levemente defasados, a Figura 2 é eloquente no que tange ao avanço dessas fontes. É de se salientar que a geração hidrelétrica segue sendo a principal fonte renovável, porém as taxas crescimento das demais fontes - fruto do significativo avanço tecnológico, com grandes reduções de custos e consequente aumento da competitividade - são notáveis.

¹ **CARNEIRO, Angélica de Cássia Oliveira:** "Projeto: Unidade demonstrativa de produção de carvão vegetal sustentável utilizando sistema forno-fornalha: Modelo UFV: Projeto BRA/14/G31 PIMS 4675 siderurgia sustentável - Relatório Técnico I". Universidade de Viçosa, 21/07/2017, citando MME - Ministério de Minas e Energia. Resenha Energética Brasileira - Exercício de 2014. Ministério de Minas e Energia.

² Cf. **DUHAMEL, Jonathan:** "Impact of solar, wind electricity generation on our energy supply and the environment". In **Energy Matters**, July 2014. Disponível em <http://euanmearns.com/author/roger/>. Acesso em 02/02/2018.

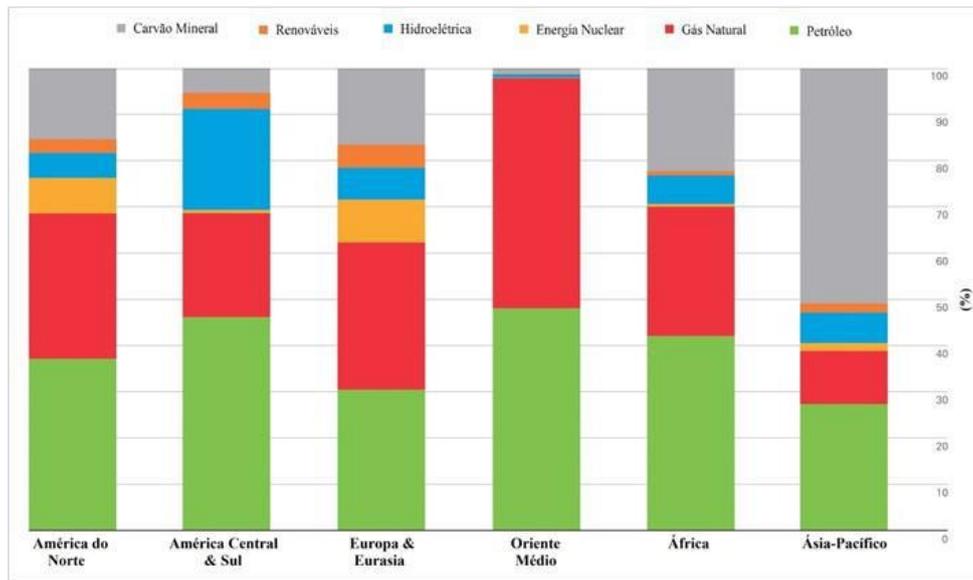


FIGURA1: MUNDO - CONSUMO DE COMBUSTÍVEL POR REGIÃO EM 2015 (%).
 Fonte: Carneiro, Op. Cit.

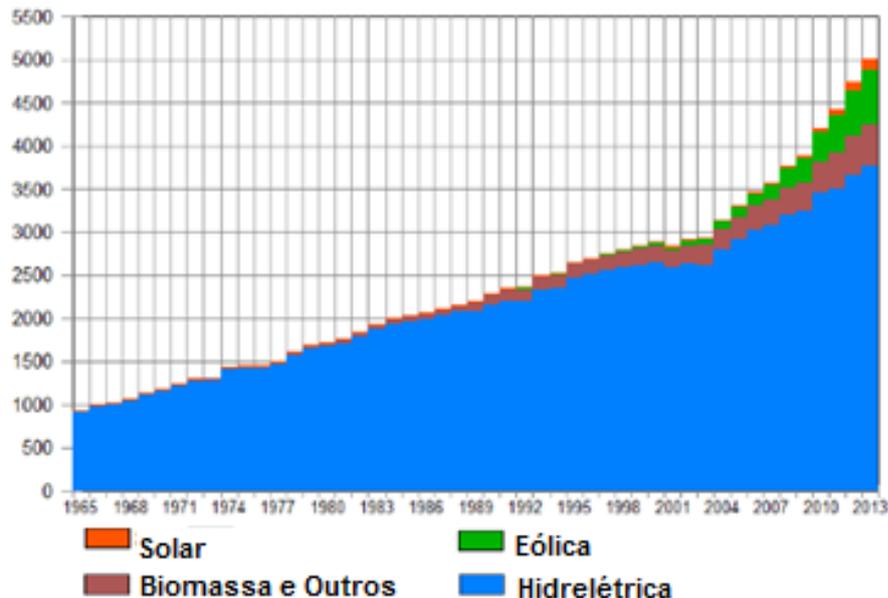


FIGURA2: MUNDO -EVOLUÇÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL (TRILHÕES DE BTU)
 Fonte: Andrews, Op. Cit.

Duas vertentes principais perpassam os prognósticos relativos à evolução mundial da demanda e da oferta de energia nos médio e longo prazos: o aspecto geopolítico e o aspecto tecnológico.

No tocante ao aspecto geopolítico, fatos novos nos estados Unidos são de grande impacto global, destacando-se sua retirada do Acordo de Paris e - consequentemente - as eventuais mudanças em relação às suas políticas de

redução de emissões. Por outro lado, o atual nível de tensões no Oriente Médio, assim como as incertezas criadas pela crise político-econômica na Venezuela - principais exportadores mundiais de petróleo - podem ter efeitos significativos nas quantidades ofertadas e, em decorrência, nos preços do óleo.

O primeiro fato impacta diretamente o perfil da matriz energética dos estados Unidos - maior consumidor de energia do planeta, reinserindo no seu perfil de consumo o carvão mineral, produto fortemente condenado pelos defensores das limitações para emissão de CO₂. Por outro lado, verifica-se lá a ocorrência de novas condições econômicas de produção de óleo a partir da extração de "shale oil" (xisto betuminoso), reinserindo este país entre os maiores produtores mundiais de combustíveis fósseis.

O gráfico a seguir, elaborado antes dos fatos aqui comentados, apresenta a expectativa de evolução da matriz energética dos estados Unidos para 2040³:

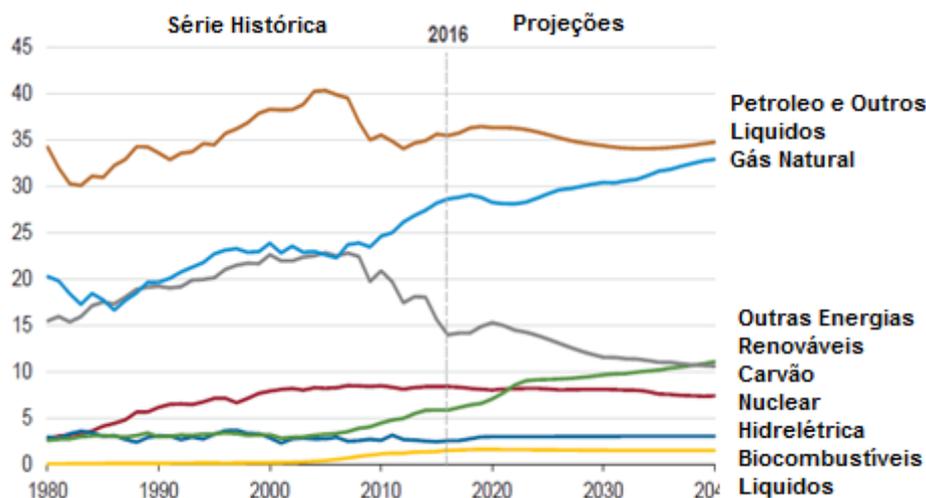


FIGURA3: ESTADOS UNIDOS - CONSUMO DE ENERGIA PROJETADO (EM QUATRILHÕES DE BTU⁴)
 FONTE: EIA - OP. CIT.

Como pode ser observado na Figura3 acima, previa-se forte retração no consumo de carvão mineral, compensada por significativa aceleração do consumo de gás natural e "outras energias renováveis" - perspectivas consistentes com as metas do Acordo de Paris. Neste contexto, observa-se ainda certo nível de estabilização na participação de biocombustíveis líquidos no consumo.

³ Cf. **EIA - U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION**: "Annual energy outlook 2017 with projections to 2050". January 5, 2017. Disponível em www.eia.gov/aeo. Acesso em 12/02/2018.

⁴**BTU** - British Thermal Unit (Unidade Térmica Britânica). É uma unidade de energia que é equivalente a 252,2 calorias ou 1 055,05585 joules.

A expectativa é de crescimento da demanda total de energia entre 2016 e 2040 da ordem de 20% (no entorno de 0,8% ao ano - a.a.), inferior à perspectiva de crescimento do Produto Interno Bruto - PIB pelo avanço tecnológico nos ganhos de eficiência energética.

O outro aspecto a considerar é a expectativa com relação ao comportamento dos países árabes na atual crise do Oriente Médio. Novas aproximações e novos distanciamentos entre os países da região são esperados, porém suas implicações na oferta e no preço do petróleo são impossíveis de ser antecipadas. Idêntico padrão de incertezas cerca a Venezuela - *player* destacado neste mercado - nos dias atuais.

A Agência Internacional de Energia (IEA) projeta ao nível mundial, para as fontes renováveis de energia, taxas de crescimento significativamente superiores a outras fontes (Figura 4):⁵

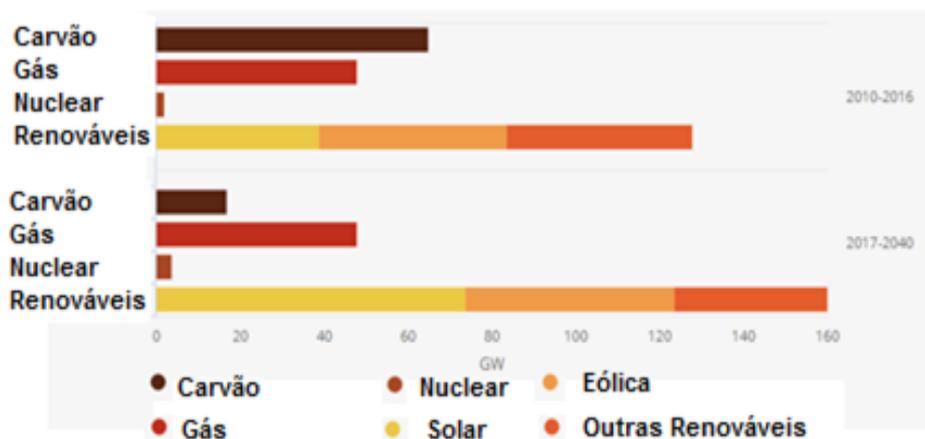


FIGURA4: MUNDO -MÉDIA DE ADIÇÃO DE CAPACIDADE ENERGÉTICA POR TIPO
 FONTE: IEA (OP. CIT.)

Ademais do esperado crescimento generalizado das fontes renováveis de energia, chama a atenção a aceleração da taxa de crescimento prevista para a energia solar, a que apresenta o mais acentuado crescimento no período de projeção considerado. Observa-se, também, leve aceleração da energia eólica e pequena redução no crescimento de outras fontes renováveis. Particular aspecto diz respeito ao carvão mineral, que sofre significativo decréscimo. Energia nuclear - embora seja partícipe menor no contexto - cresce significativamente, enquanto o gás mantém, grosso modo, seu crescimento histórico.

O Relatório da IEA aponta que as fontes renováveis de energia capturarão $\frac{2}{3}$ do investimento global em plantas energéticas até 2040, na medida em que

⁵ Cf. IEA - International Energy Agency: "World energy outlook 2017". Disponível em <https://www.iea.org/weo2017/>. Acesso em 12/02/2018.

estas opções venham a se tornar, para vários países, o mais baixo custo de nova geração. É ainda de se observar que, diferentemente da África Subsaariana onde o carvão vegetal é usado diretamente no consumo final das famílias, outros países em desenvolvimento - China e Índia em particular - usam esta matéria prima para a produção principalmente de energia elétrica. No Brasil seu uso principal é nos setores siderúrgico e energético.

Segundo essa fonte, o crescimento da energia renovável não será confinado ao setor elétrico. Seu uso direto para prover aquecimento e mobilidade em todo o mundo dobrará, embora partindo de uma base menor. Afirma que no Brasil a participação do uso de energia renovável direta e indireta no consumo final crescerá dos atuais 39% para 45% em 2040, comparados com uma progressão global de 9% para 16% no mesmo período.

As expectativas de migração das fontes tradicionais de energia (óleo e carvão) para gás e renováveis são também consideradas nas previsões da British Petroleum (Figura 5)⁶:

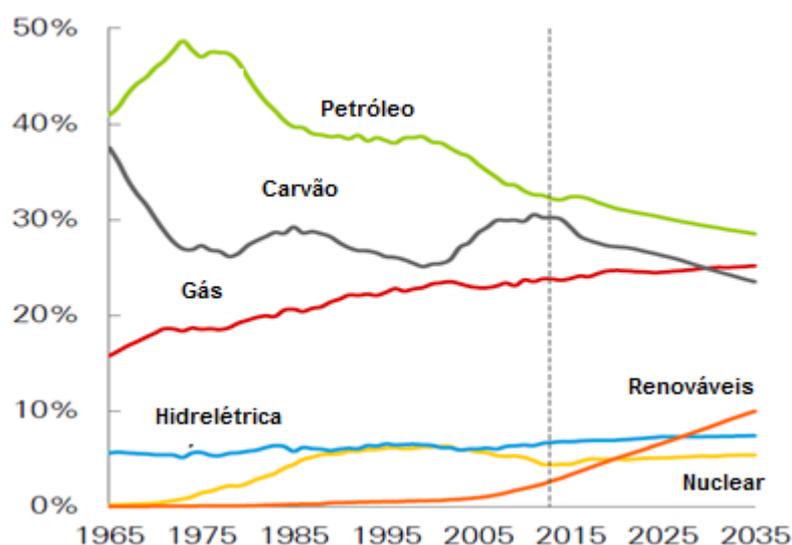


FIGURA5: MUNDO - EVOLUÇÃO PREVISTA DA PARTICIPAÇÃO PERCENTUAL DAS DIVERSAS FONTES NO CONSUMO DE ENERGIA (%)
 FONTE: BP OUTLOOK - OP. CIT.

Finalmente, tem-se a análise elaborada pela IEA (Op. Cit.) onde o crescimento global da oferta de bioenergia é visto com otimismo⁷. Em sua publicação de

⁶Cf. **BRITISH PETROLEUM - BP:** "2017 Energy Outlook". Disponível em <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2017/bp-energy-outlook-2017.pdf> Acesso em 02/02/2018.

⁷IEA - **International Energy Agency:** "World Energy Outlook (WEO), 2014". Citado em **TOLMASQUIM, Maurício T.** (Coordenador): "Energia termelétrica: gás natural, biomassa, carvão, nuclear - 2016. Disponível em: <https://www.google.com.br/search?tbm=isch&sa=1&ei=bIUdWoa2D4iDwQSw56IAQ&q=tolmasquim+ENERGIA+TERMEL%C3%89TRICA&oq=psyab.3.47966.52291.0.53365.20.20.0.0.0.16>

2014, a Agência traça três cenários para o futuro da oferta de energia: 1) manutenção das políticas atuais, 2) introdução de políticas de incentivo de fontes renováveis e mitigação de emissões, e 3) limitar a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera em 450 ppm para evitar um aumento superior à 2°C na temperatura global média. A geração de bioeletricidade conforme estes cenários é mostrada na Figura 6, em TWh (terawatts hora).



FIGURA6: MUNDO - GERAÇÃO ELÉTRICA DE BASE RENOVÁVEL TOTAL E BIOMASSA, EM 2012 E NOS CENÁRIOS NOVAS POLÍTICAS, POLÍTICAS ATUAIS E CENÁRIO 450 (TWH)
 Fonte: IEA, citado em TOLMASQUIM (Op. Cit.)

Observa-se da Figura que, independentemente do cenário considerado, a geração elétrica de base renovável perde um pouco do dinamismo anterior, mantendo entretanto taxas significativas de crescimento, como apresentado na Tabela 1 a seguir.

TABELA1 - MUNDO-TAXA DE CRESCIMENTO DA GERAÇÃO ELÉTRICA DE BASE RENOVÁVEL TOTAL E BIOMASSA, EM 2012 E NOS CENÁRIOS NOVAS POLÍTICAS, POLÍTICAS ATUAIS E CENÁRIO 450 (% A.A.)

Cenário	Bioenergia		Total renovável	
	2012-2020	2020-2040	2012-2020	2020-2040
Políticas atuais	6,65	2,85	4,82	2,3
Novas políticas	6,65	3,66	4,82	3,04
Cenário 450	6,65	5,54	4,82	4,59

Fonte dos dados primários: Figura 6 - Elaboração própria.

3.2 PERSPECTIVAS NO BRASIL

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética - EPE⁸, a produção brasileira de energia primária foi, em 2016, de 294,7 milhões de tep (toneladas equivalentes de petróleo), crescimento de 2,95% em relação ao ano anterior.

Do total produzido, 58,5% referem-se a energia não renovável, com o petróleo e gás natural respondendo por 97% deste subtotal. Interessante notar que, de particular interesse para esta análise, a EPE informa que o carvão mineral - concorrente direto do carvão na siderurgia - segue com produção nacional nula - fato que vem ocorrendo desde 2010, sendo todo o produto utilizado proveniente de importações e, portanto, sujeito à flutuação do Dólar..

No que tange à energia renovável, 41,5% do total produzido, destacam-se os produtos da cana-de-açúcar, com 41,5% do subtotal. A produção de energia a partir da lenha - 23,1tep - respondeu por 18,9% da geração de energia renovável, ou 7,8% da geração total - uma queda superior a 7% em relação ao ano anterior.

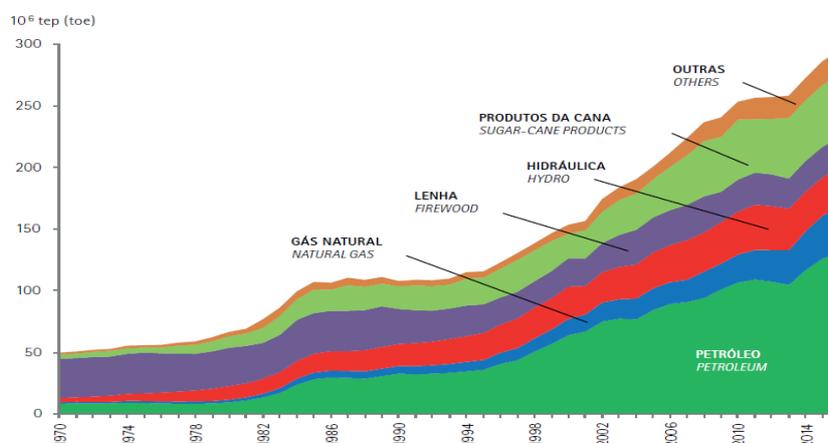
A Tabela2, seguida da Figura 7, apresentam a série histórica da oferta interna de energia de energia, em tep.

TABELA2 - Brasil - Oferta interna de energia

FONTES	ANOS									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
NÃO RENOVÁVEL (*)	116,1	123,2	129,3	134,3	140,5	140,6	140,0	153,9	165,8	172,5
RENOVÁVEL	107,6	113,4	111,1	118,9	115,9	116,4	118,1	119,7	120,4	122,2
Energia Elétrica	32,2	31,8	33,6	34,7	36,8	35,7	33,6	32,1	30,9	32,8
Lenha	28,6	29,2	24,6	26,0	26,0	26,7	24,6	24,9	24,9	23,1
Produtos da cana-de-açúcar	40,5	45,0	44,8	48,9	43,3	45,1	49,3	49,3	50,4	51,0
Outras (**)	6,3	7,4	8,1	9,3	9,8	8,9	10,6	13,4	14,2	15,3
TOTAL	223,7	236,6	240,4	253,2	256,4	257,0	258,1	273,6	286,2	294,7

Fonte:EPE (Op. Cit.)

* Petróleo, gás natural, carvão mineral, urânio, outras.** Eólica, solar, outras renováveis



⁸EPE - Empresa de Pesquisa Energética: "Balço Energético Nacional - 2017". Disponível em <https://ben.epe.gov.br/>. Acesso em 25/03/2018.

FIGURA7: BRASIL - OFERTA INTERNA DE ENERGIA
Fonte: EPE (Op. Cit.)

Um aspecto de relevância para o presente estudo é a substancial perda de espaço da lenha no contexto energético do país: de uma participação de 45% no consumo final total de energéticos em 1970 para cerca de 8% em 2016. Políticas severas com relação ao uso de mata nativa, maior eficiência na fiscalização e, até certo ponto, restrições e/ou esgotamento da capacidade de expansão da fronteira da agropecuária respondem por esta tendência (Figura 8, a seguir).

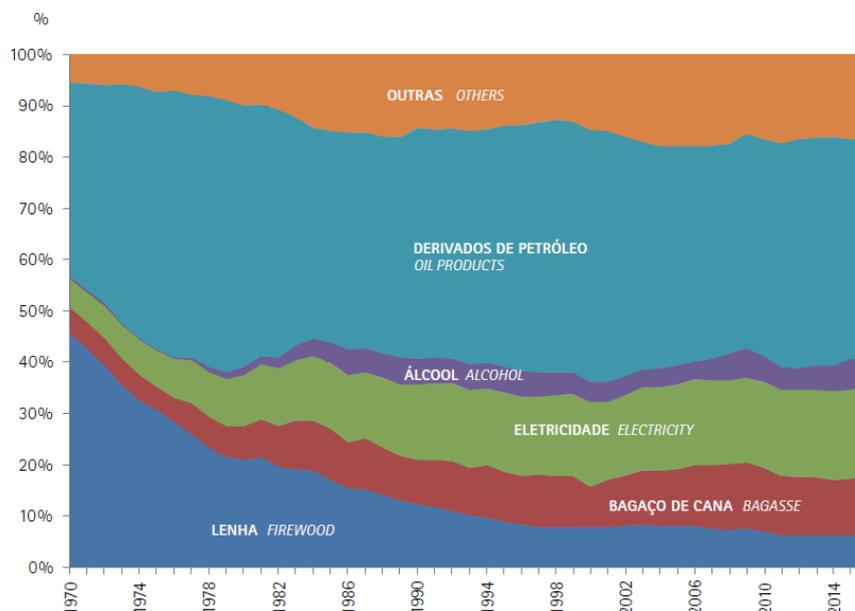


FIGURA8: BRASIL - CONSUMO FINAL DE ENERGIA POR FONTE (%)
Fonte: EPE (Op. Cit.)

Em termos de expectativas para o Brasil, as projeções de demanda até 2050, por setor da economia, elaboradas pelo Ministério de Minas e Energia⁹, estão apresentadas na Figura 9,¹⁰.

⁹ Cf. **BRASIL - Ministério das Minas e Energia**- EPE:"Demanda de energia 2050" .Nota técnica DEA 13/15 - série "Estudos de Demanda de Energia". Janeiro 2016. Disponível em <http://antigo.epe.gov.br/Estudos/Documents/DEA%201315%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf>. Acesso em 15/03/2018.

¹⁰**OBSERVAÇÃO:** Vale mencionar que as projeções foram elaboradas anteriormente à crise econômica pela qual passou o Brasil no triênio 2015-2017. Entretanto, admitindo-se que a economia já apresenta sintomas de recuperação no rumo de sua trajetória mais frequente, pode-se considerar as projeções por uma ótica de "configuração de longo prazo", abstraindo-se os números absolutos.

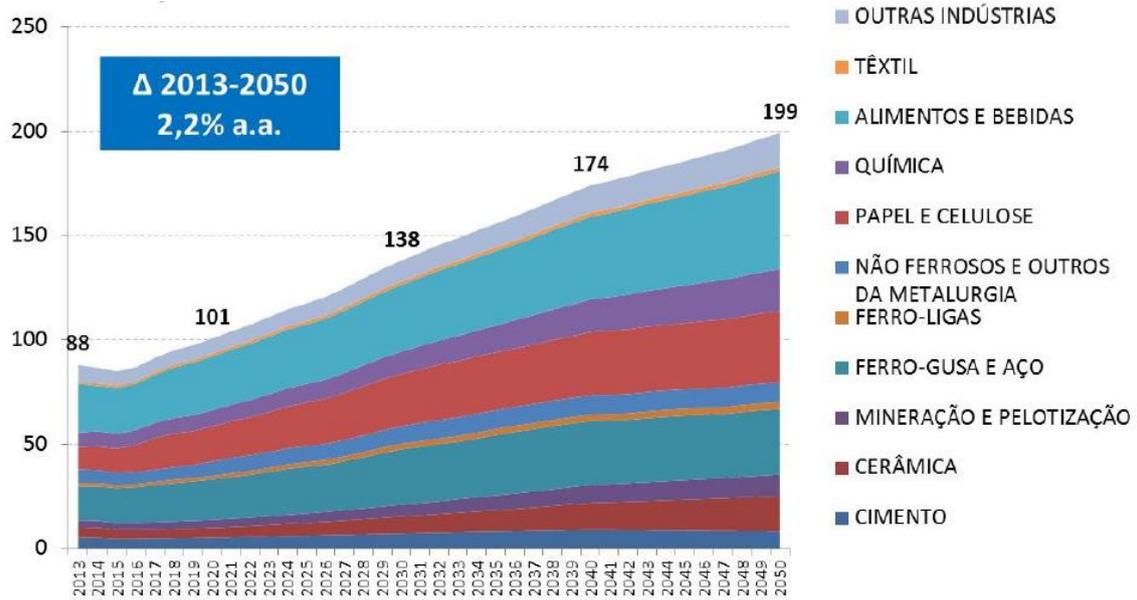


FIGURA9: BRASIL - EVOLUÇÃO PREVISTA DA MATRIZ ENERGÉTICA (MILHÕES DE TEP)
 FONTE: MME - OP. CIT.

Por fonte de energia, a projeção é como se segue:

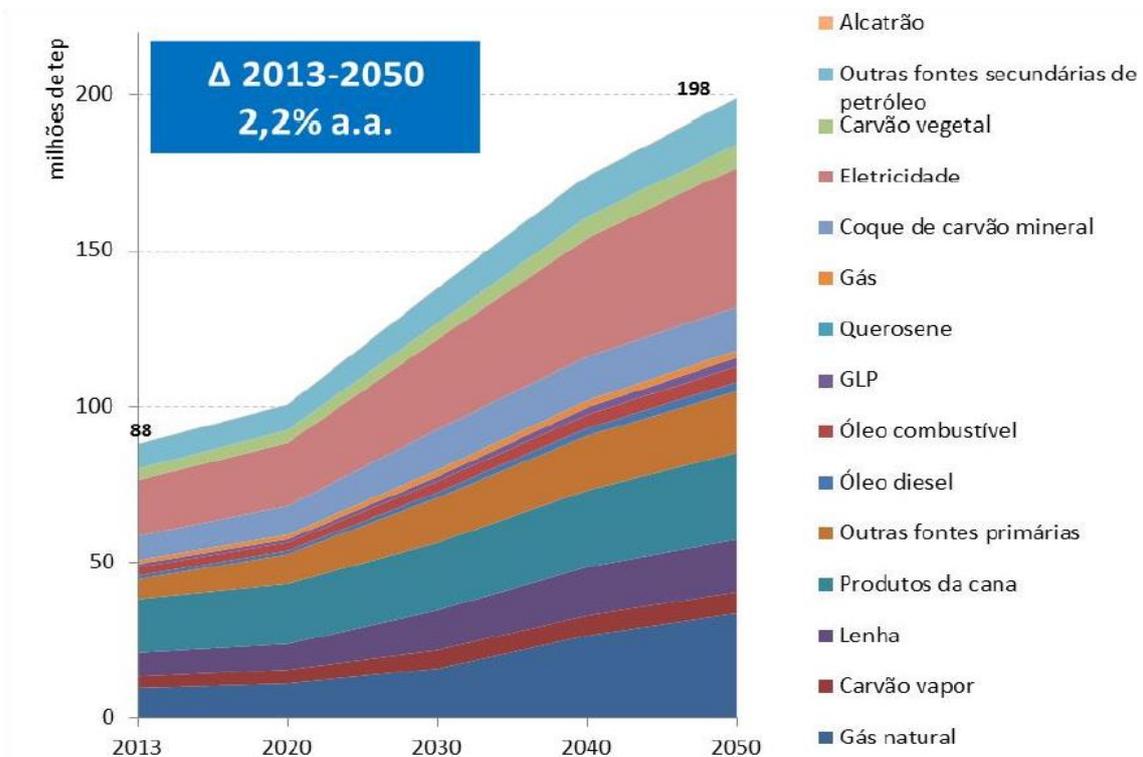


FIGURA10: BRASIL - CONSUMO FINAL ENERGÉTICO POR FONTE (MILHÕES DE TEP)
 FONTE: MME - OP. CIT.

Observe-se que a participação do carvão vegetal no consumo final total cai de 4,2% em 2013 para 3,7% em 2030, recuperando ligeiramente para 3,8% em 2050 (MME, Op. Cit.): "*A produção siderúrgica a carvão vegetal, por sua vez, ainda que apresente expansão, o faz de maneira pouco mais lenta do que o consumo energético total da indústria.*"

Segundo Gentil¹¹,

O cenário mundial da agricultura, energia e geopolítica muda rapidamente. Países com maior potencial para produzir energia de forma renovável a um custo baixo e oferta abundante possuem maiores chances de aproveitar as oportunidades do mercado. Com disponibilidade de grandes extensões de terras aptas e ociosas, além de clima favorável e elevado grau de avanço em tecnologia agropecuária, o Brasil está em posição privilegiada em relação a outros países produtores.

Ainda segundo este autor,

No âmbito mundial, o Brasil apresenta a maior participação de energia renovável na composição da matriz energética, com 42,4%, sendo 15,4% de cana-de-açúcar; 13,8%, de hidroeletricidade; 9,1%, de lenha/carvão; e 4,1%, de licor negro das indústrias de papel. Todas estas fontes de energia mostram reais possibilidades de expansão, devido à existência e disponibilidade de fábricas, infraestruturas e tecnologias maduras e lucrativas.

De particular interesse para este estudo, Gentil cita que os resíduos madeireiros das serrarias e sua indústria de transformação, somam 21 milhões de toneladas por ano, possuem um potencial bioelétrico de cogeração de 116,0 TWh, o que representa 23,3% da demanda do Brasil em 2012, que foi de 498,4 TWh.

Com uma área de 7,84 milhões de hectares de reflorestamento, o setor brasileiro de florestas plantadas é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais e 6,2% do PIB Industrial no País. É, também, um dos segmentos com maior potencial de contribuição para a construção de uma economia verde¹². Os plantios de eucalipto ocupam 5,7 milhões de hectares da área de florestas plantadas do País e estão localizados, principalmente, em Minas Gerais (24%), em São Paulo (17%) e no Mato Grosso do Sul (15%).

Da área plantada por segmento industrial no Brasil em 2016, 34% pertencem às empresas do segmento de celulose e papel. Em segundo lugar, com 29%, encontram-se proprietários independentes e pequenos e médios produtores do

¹¹ **GENTIL, Luiz Vicente** e F. Faggion: "Desafios da produção no Brasil". FGV EESP Centro de estudos de agonegócios - Fevereiro de 2014. Disponível em <http://www.agroanalysis.com.br/2/2014/agroenergia/bioenergia-desafios-da-producao-no-brasil>. Acesso em 02/12/2017.

¹² Cf. **IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores**. "Relatório 2017". Disponível em http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf. Acesso em 15/03/2018.

programa de fomento florestal, que investem em plantios florestais para comercialização da madeira in natura. Na terceira posição, está o segmento de siderurgia a carvão vegetal, que representa 14% da área plantada no país (IBÁ, Op. Cit).

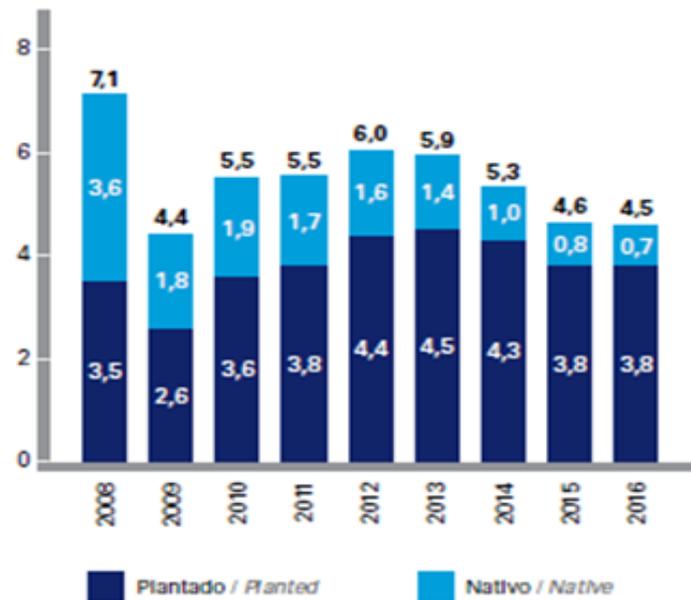


FIGURA11: CONSUMO DE CARVÃO VEGETAL ENTRE 2008 E 2016, POR ORIGEM NATIVA E FLORESTA PLANTADA, EM MILHÕES DE TONELADAS
 Fonte: IBÁ, Op. Cit..

Segundo o IBÁ (Op. Cit.), o setor florestal no Brasil é o que mais protege áreas naturais, com impacto ambiental muito positivo. Já são quase 6 milhões de hectares destinados à conservação, somando-se as áreas de restauração, Áreas de Preservação Permanente (APPs), áreas de Reserva Legal (RL) e áreas de Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) associadas aos plantios florestais, que contribuem diretamente para a conservação da biodiversidade.

Há que se mencionar que o setor madeireiro brasileiro apresenta a maior produtividade, medida em volume de madeira produzida por unidade de área ao ano, e a menor rotação do mundo, que equivale ao tempo decorrido entre o plantio e a colheita das árvores comparativamente a outros países produtores de eucalipto.. Esses altos índices resultam tanto das condições de clima e solo quanto dos investimentos contínuos das empresas do setor da silvicultura no Brasil para aprimorar o manejo florestal. Em 2016 o Brasil liderou o ranking global de produtividade florestal com uma média de 35,7 m³/ha ao ano para os plantios de eucalipto e 30,5 m³/ha ao ano nos plantios de pinus, de acordo com as informações reportadas pelas principais empresas do setor(Fig. 12, a seguir):

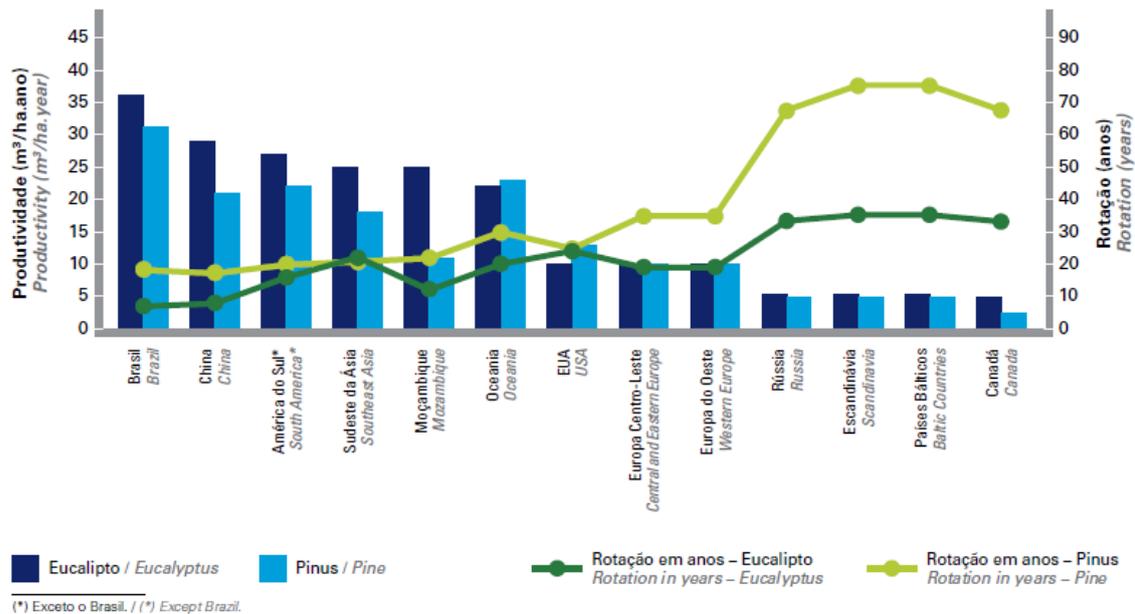


FIGURA12: PRODUTIVIDADE E ROTAÇÃO MÉDIA NO BRASIL VERSUS OUTROS IMPORTANTES PLAYERS MUNDIAIS (M³/HA/ANO)
 Fonte: IBÁ (Op. Cit.)

Já segundo Simioni¹³:

Dados do segmento da produção florestal demonstram a alta produtividade e competitividade dos plantios florestais para a produção de madeira no Brasil. De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, Op. Cit.), a produtividade medida pelo incremento médio anual (IMA) dos plantios de eucalipto das suas empresas associadas foi de 39 m³/ha.ano em 2014.

Ainda de acordo com o mesmo autor, considerando todo o Brasil:

Apesar dos altos rendimentos alcançados pela silvicultura brasileira, a produção de carvão vegetal ainda utiliza parcela significativa de madeira de florestas nativas como matéria-prima. De acordo com dados da Associação Mineira de Silvicultura (2009), as plantações florestais não são capazes de suprir toda a demanda das empresas, havendo um déficit anual médio de quase 50% (no mínimo 100 mil ha), suprido com resíduos e manejo de florestas naturais.

¹³ SIMIONI F. J., Moreira J. M. M. Á. P., Fachinello A. L., Buschinelli C. C. de A. , Matsu M. I. da S. F.. "Evolução e concentração da produção de lenha e carvão vegetal da silvicultura no Brasil". Ciência Florestal, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 731-742, abr.-jun., 2017.

A distribuição espacial da produção de carvão vegetal no Brasil é apresentada na Figura 13, a seguir.

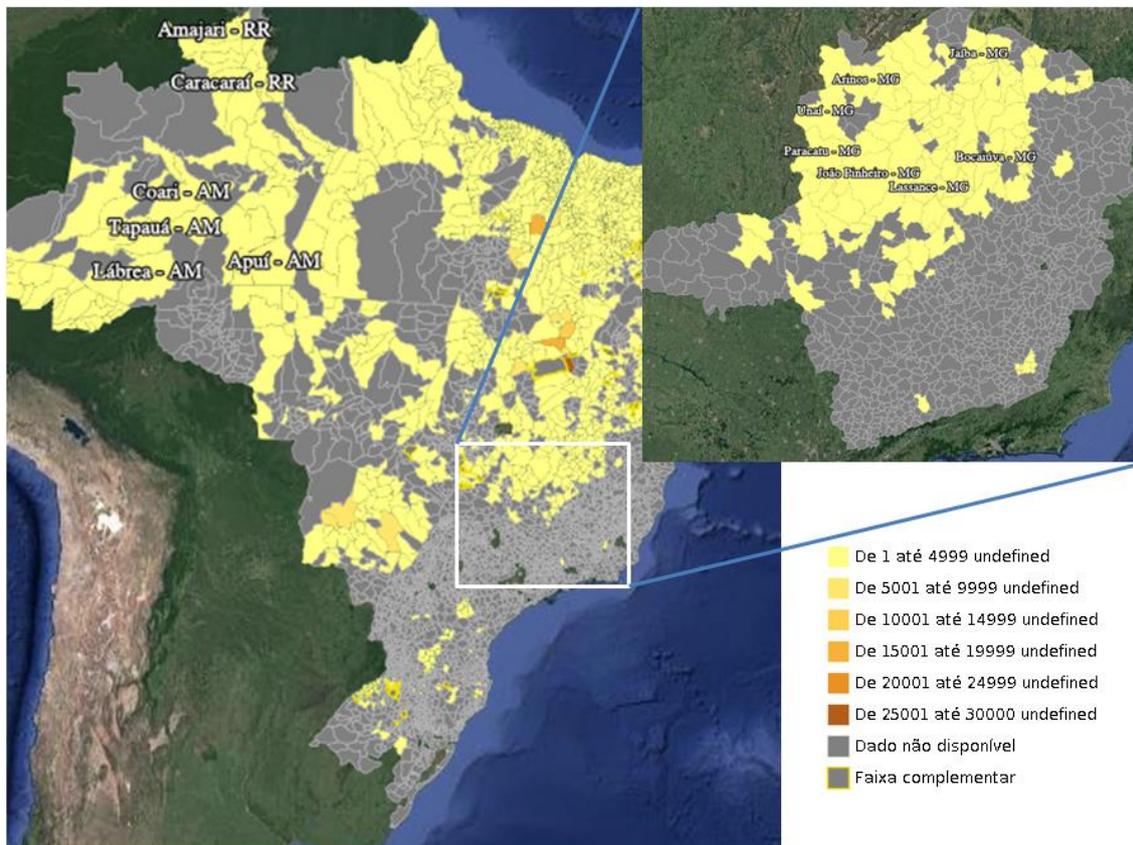


FIGURA13: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL EM 2016
 Fonte: IBGE – Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura

O Brasil vem aumentando a sua produção de lenha oriunda da silvicultura ao longo da última década, passando de 30 para 55,2 milhões de metros cúbicos no período de 2001 a 2013, com uma taxa geométrica média de crescimento de 6,28% ao ano ao longo do período analisado. Considerando o mesmo período, a produção total de lenha (de origem nativa e silvicultura) passou de 79,0 para 86,3 milhões de m³, de maneira que a participação percentual da lenha produzida no país proveniente de florestas plantadas saltou de 38,0% para mais de 64% (Simioni, Op. Cit.).

A região geográfica com maior produção é o Sul do país, seguida pela região Sudeste, que juntas respondem por mais de 86% da produção de lenha da silvicultura nacional. A região Sul aumentou em 92% a sua produção no período analisado, enquanto que a produção da região Centro-Oeste cresceu 351% e a região Sudeste apresentou crescimento modesto de 43%. Esse aumento da produção de lenha da silvicultura decorre, em parte, da substituição de extração vegetal pela silvicultura dada a maior atuação de

órgãos fiscalizadores e ambientais e pela expansão da silvicultura no Centro-Oeste (Simioni, Op. Cit.).

A produção de lenha passou de 94.279 mil toneladas, em 2008 (ano em que a produção atingiu o maior volume nos últimos anos), para 79.290 mil toneladas em 2013, representando uma redução de 15,9% no período. Cerca de 1,4% da produção foi utilizada para geração de energia elétrica, 32,8% foi transformada em carvão vegetal e 65,8% destinou-se ao consumo final energético. Do que foi destinado ao consumo final, 47,6% foi consumido pelas indústrias, 35,5% pelas residências, 16,3% pelo setor agropecuário e 0,6% pelo setor comercial.

O segmento industrial que mais utiliza a lenha é o setor de cerâmica, seguido de alimentos e bebidas e papel e celulose. Já a produção de carvão vegetal, em 2013, atingiu 6.615 mil toneladas, uma redução de 34,5% em relação a 2004, quando a produção atingiu o maior volume nos últimos dez anos. As indústrias de ferro-gusa e aço consumiram naquele ano 72,6% do carvão produzido no Brasil (EPE, Op. Cit., Simioni, Op. Cit.).

Observou-se um crescimento da produção em polos já constituídos, especialmente nos estados do Paraná e Santa Catarina para a lenha, e Minas Gerais para o carvão vegetal. Isso indica um crescimento da concentração da produção nas regiões tradicionais. A região Centro-Oeste se destaca pelo crescimento dos preços da lenha. Observa-se aí um grande crescimento da demanda em razão das necessidades de secagem de grãos. A produção regional não acompanhou o avanço das necessidades, tendo como resultado a elevação dos preços. A produção de carvão vegetal segue a demanda da indústria siderúrgica. Os anos 2000 apresentam intensa elevação da produção a partir de florestas plantadas, comportamento contrário ao observado nos anos 90 (Figuras 14 e 15, a seguir).

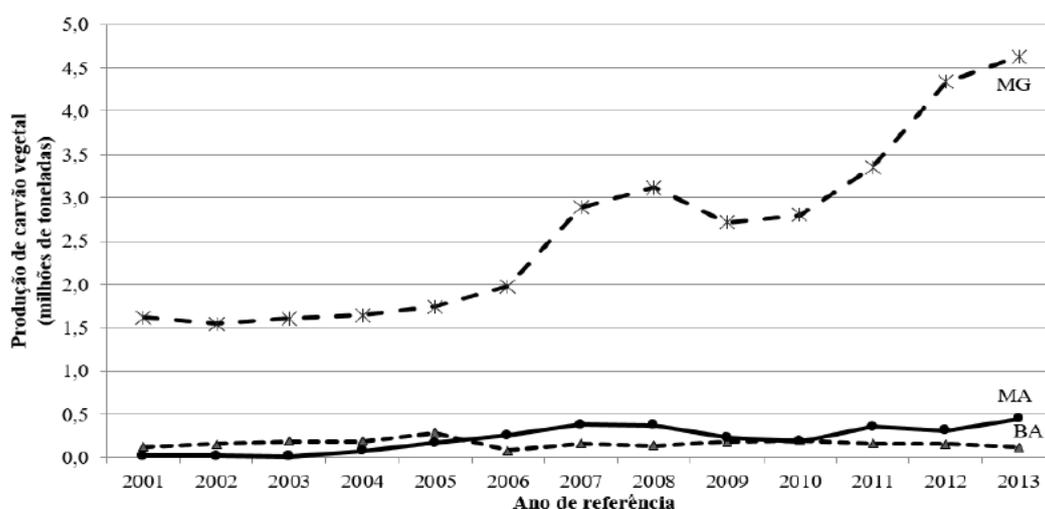


FIGURA14: EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL EM MINAS GERAIS COMPARADA COM BAHIA E MARANHÃO (MILHÕES DE TONELADAS)

Fonte: Simioni, Op. Cit.

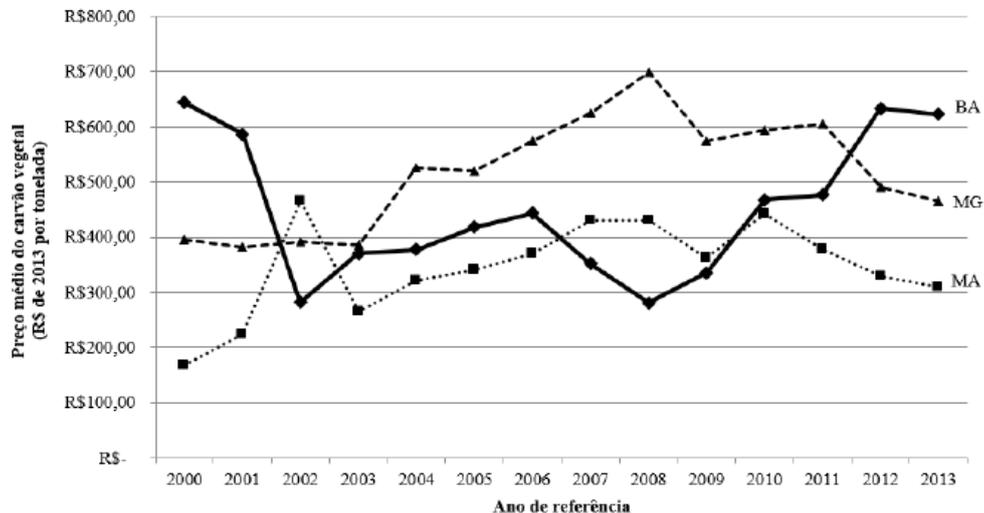


FIGURA15: EVOLUÇÃO DOS PREÇOS MÉDIOS PAGOS AOS PRODUTORES DE CARVÃO VEGETAL EM MINAS GERAIS, MARANHÃO E BAHIA (R\$/T)

Fonte: Simioni, Op. Cit..

Simioni ainda observa que a produção de lenha e carvão da silvicultura tem sido insuficiente para atender à demanda, o que se reflete no comportamento dos preços observados nas diversas regiões do país, em que pese a retração da economia nos anos recentes. Isso acaba por ampliar a “pressão” por esses produtos da floresta nativa, em especial, do Cerrado Brasileiro. Esse quadro tem gerado a necessidade de ampliar o espaço produtivo e, sobretudo, o desenvolvimento de alternativas e novas tecnologias para o uso eficiente desses recursos.

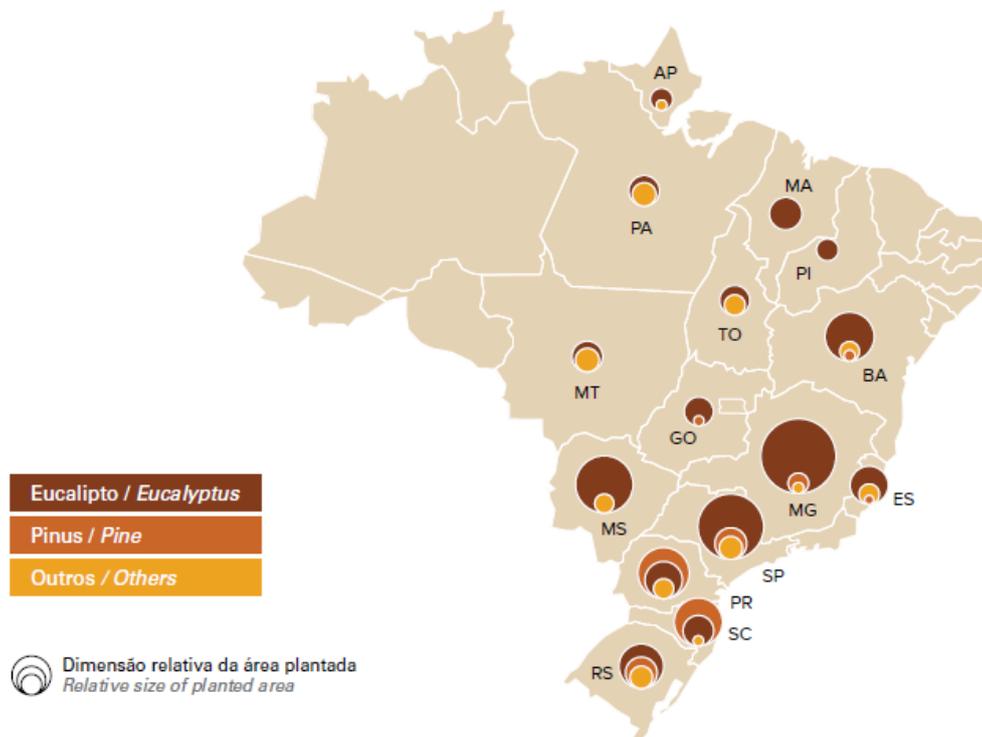
Esse autor ainda chama a atenção para o fato de que a concentração da produção não apresentou grandes variações, para a produção de lenha e de carvão vegetal da silvicultura no País nos últimos 20 anos. Isso evidencia que houve crescimento na produção de lenha e carvão vegetal. Isso ocorreu não apenas em regiões que não produziam madeira para fins energéticos, mas também nas regiões tradicionalmente produtoras de madeira para energia no Brasil. Observou-se que houve também uma concentração da produção de lenha da silvicultura nas regiões Sul e Sudeste, e a concentração da produção de carvão vegetal nas regiões Sudeste e Nordeste.

Paradoxalmente - e apresentando certa discrepância na análise de Simioni - vale ressaltar que o preço do carvão em Minas Gerais seguiu caindo após 2013, segundo apurado na pesquisa de campo, fruto da recessão nacional, desestimulando fortemente a atividade no setor.

Segundo Mancini,¹⁴ citando dados da Agência Nacional de Energia Elétrica, em todo o País tem-se 1.108 empreendimentos hidrelétricos e 1.807 termelétricos. Dessas, apenas 51 termelétricas (2,8%) usam madeira (cavacos, maravalhas e lenha) como combustível.

Cumprе ressaltar - o que é de conhecimento geral - que o Brasil tem um vasto estoque de terras aptas à produção agropecuária, ao que deve ser acrescentado que apresentam possibilidade de produção o ano inteiro - o que não ocorre em outros países com potencial produtivo, onde invernos rigorosos impedem a prática da agricultura em boa parte do ano. Assim, a título de conclusão, pode-se afirmar que o Brasil apresenta abundância e potencial de crescimento da oferta de matérias-primas, domínio pleno da tecnologia e capacidade gerencial para multiplicar suas fontes renováveis.

Em 2016 a área total de árvores plantadas no Brasil apresentou crescimento de 0,5% em relação ao ano de 2015, (cf. IBÁ, Op. Cit.) devido exclusivamente ao aumento das áreas com eucalipto. As áreas com pinus e outros gêneros permaneceram inalteradas no período. Nos últimos cinco anos, o crescimento da área de eucalipto foi de 2,4% a.a.. O Mato Grosso do Sul tem liderado esta expansão, registrando aumento de 400 mil hectares neste período, com uma taxa média de crescimento de 13% a.a. Essa distribuição é apresentada na Figura 16.



¹⁴**MANCINI, Sandro Donini:** “Como funciona uma termelétrica”. Equipe Online, 2014. Disponível em <https://www.jornalcruzeiro.com.br/materia/551557/como-funciona-uma-termelétrica>. Acesso em 02/02/2018.

FIGURA16: BRASIL - ÁREAS DE ÁRVORES PLANTADAS POR ESTADO E GÊNERO, 2016.
 FONTE: IBÁ, OP. CIT.

Observe-se que os dados diferem com relação a outras fontes, como o SNIF¹⁵ que, em termos de evolução recente, apresenta os dados são como se segue:

TABELA3 - BRASIL - ÁREA DE ÁRVORES PLANTADAS (1.000HA)

ESPÉCIES	ANOS		
	2014	2015	2016
Eucalipto	6.953	7.445	7.544
Pinus	2.049	2.065	2.079
Outras espécies	365	428	400
TOTAL	9.367	9.938	10.023

Fonte: SNIF, Op. Cit.

Segundo a mesma fonte, da área total de 7,54 milhões de hectares de árvores de eucalipto plantadas no Brasil em 2016, 34% pertence às empresas do segmento de celulose e papel. Em segundo lugar, com 29%, encontram--se proprietários independentes e pequenos e médios produtores do programa de fomento florestal, que investem em plantios florestais para comercialização da madeira in natura. Na terceira posição, está o segmento de siderurgia a carvão vegetal, que representa 14% da área plantada.

Um dos principais insumos da indústria siderúrgica nacional, o consumo de carvão vegetal registrou em 2016 queda de 2,2% em relação a 2015 e encerrou o ano com 4,5 milhões de toneladas consumidas. A madeira oriunda de árvores plantadas foi a matéria-prima utilizada em 84% do total de carvão consumido no País em 2016. O leve crescimento de dois pontos percentuais em relação ao ano anterior permitiu a manutenção das mesmas 3,8 milhões de toneladas de origem renovável registradas em 2015 (Cf. IBÁ, Op. Cit.). Outra fonte (IBGE)¹⁶ sugere que a participação da silvicultura na produção de carvão vegetal foi próxima de 90%.

A redução observada no consumo de carvão ocorreu principalmente em relação ao produto originado de florestas nativas, em decorrência da fiscalização ambiental sobre a origem do carvão consumido nas siderúrgicas de Minas Gerais. A Lei 18.365/2009, que alterou a legislação florestal naquele

¹⁵ **SNIF** - Sistema Nacional de Informações Florestais, integrado ao SINIMA - Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente. (Dados atualizados em 24/11/2017), disponível em <http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/as-florestas-plantadas>, acesso em 09/04/2018.

¹⁶ **IBGE - Produção da extração vegetal e da silvicultura PEVS.** Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=o-que-e>. Acesso em 04/06/2018.

estado, determina a redução progressiva do consumo de produtos ou subprodutos originados da vegetação nativa, em especial o carvão vegetal.

No Brasil, existem mais de 120 indústrias que utilizam carvão vegetal no processo de produção de ferro-gusa, de ferroligas e de aço (IBÁ, Op. Cit.). Em 2016, estima-se que essas indústrias permaneceram operando com uma taxa média de utilização de 50%. Além disso, vários produtores de ferro-gusa e de ferroligas a base de carvão vegetal encerraram suas atividades no ano passado (Figura 17).

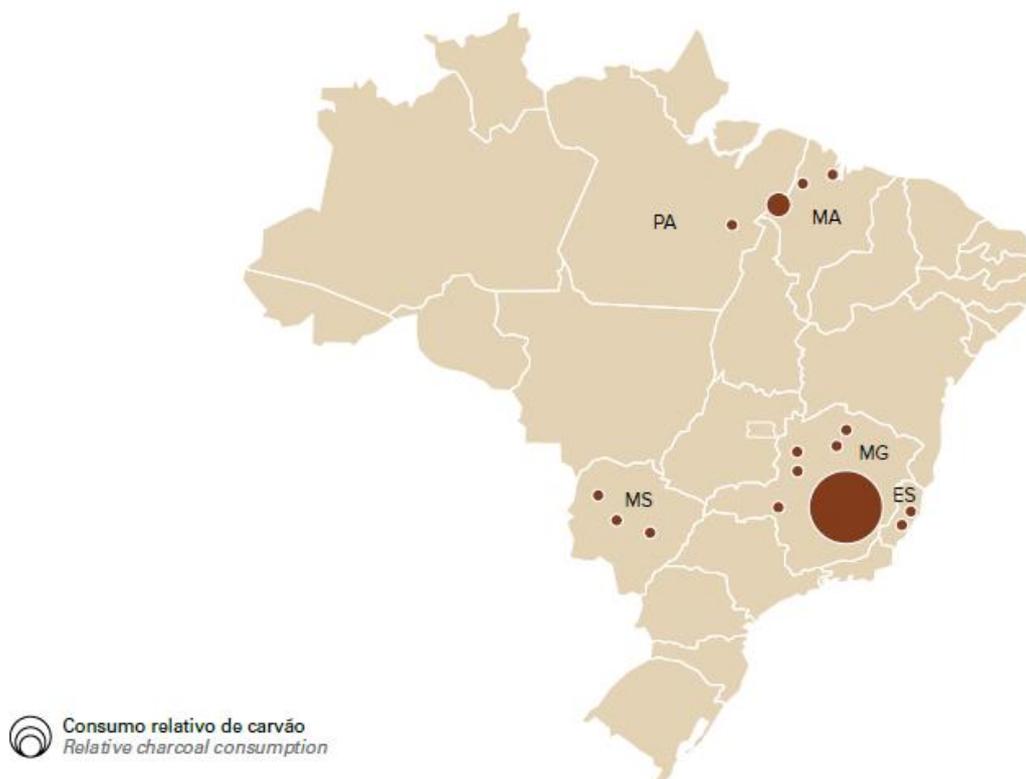


FIGURA17: BRASIL - PRINCIPAIS PONTOS DE CONSUMO DE CARVÃO VEGETAL
 Fonte: IBÁ - Op. Cit.

Finalmente, cumpre apresentar a evolução do consumo de carvão vegetal nas indústrias que concorrem com seu uso energético: cimento, ferro-gusa e aço e ferroligas. Os usos do carvão vegetal no Brasil são apresentados na Tabela4 a seguir.

TABELA4 - BRASIL - USOS DO CARVÃO VEGETAL 2007-2016 (1000T)

FONTES	ANOS									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
CONSUMO TOTAL	9.670	9.612	6.146	7.195	7.435	7.117	6.441	6.411	6.348	5.463
CONSUMO INDUSTRIAL	8.745	8.658	5.110	6.262	6.533	6.226	5.668	5.517	5.465	4.657
Metalurgia	8.358	8.219	1.190	6.114	6.207	5.956	5.420	5.281	5.249	4.460
Outros	387	439	3.920	148	326	270	248	236	216	197

Fonte: EPE (Op. Cit.)

Depreende-se da tabela 4 que o consumo de carvão vegetal vem decrescendo de forma acelerada nos últimos anos em todos seus usos - notadamente no setor industrial siderúrgico (ferro-gusa, aço, ferro-ligas, não ferrosos e outros da metalurgia) como é facilmente visualizável na Figura 18 a seguir, onde se apresenta a correlação entre o consumo industrial (siderurgia) e o consumo total de carvão.

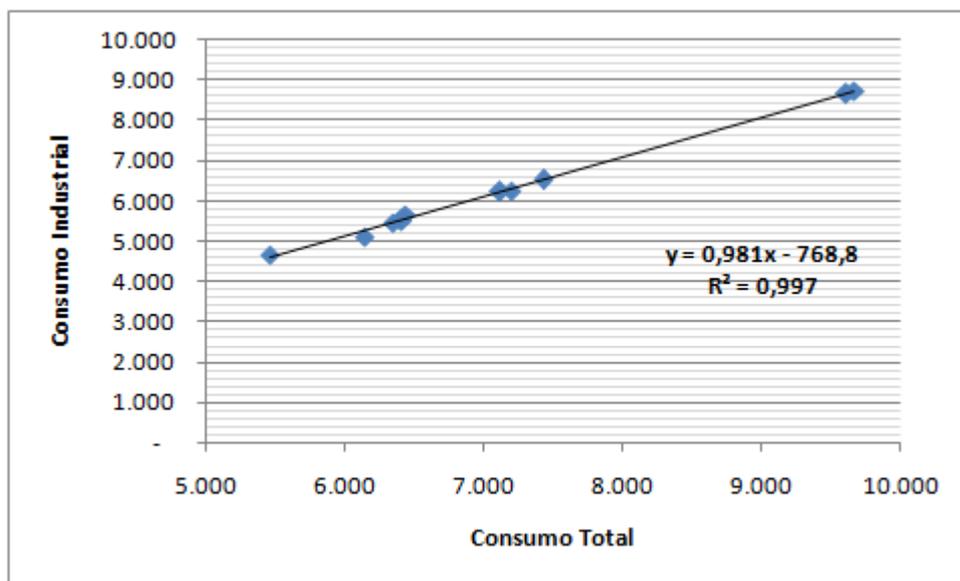


FIGURA18: BRASIL -EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE CARVÃO VEGETAL POR TIPO DE USO
 Fonte dos dados primários: Tabela 4. Elaboração própria.

Apenas como constatação adicional, o coeficiente de correlação entre o consumo total de carvão vegetal e o consumo específico na siderurgia é de 0,997, significando que 99,7% da variação do consumo total de carvão é explicado pela variação do consumo no setor metalúrgico. Ou seja, a queda do consumo é quase totalmente explicada pela queda da produção na siderurgia brasileira.

4 FERRO-GUSA E AÇO

4.1 CENÁRIO MUNDIAL

De interesse direto neste estudo, é digno de nota -na medida em que afeta diretamente as perspectivas de exportações brasileiras -o comportamento recente dos Estados Unidos com a imposição de sobretaxa de importação ao aço e ao alumínio. Muito embora o procedimento seja, fundamentalmente, dirigido aos produtos oriundos da China e o produto brasileiro tenha sido (pelo menos provisoriamente) parcialmente excluído da medida, o fato implica em forte re(des)arranjo no mercado internacional, com consequências imprevisíveis, pelo menos, no curto e médio prazos.

Há ainda que se mencionar que a produção mundial já vem de alguns anos apresentando estagnação, função da desaceleração da demanda. Segundo estimativas da OECD - *Organization for Economic Cooperation and Development*¹⁷ - as expectativas de crescimento da demanda até 2035 situam-se entre 0,4% a.a. (cenário "radical") e 1,4% a.a. (cenário base), com uma estimativa intermediária de crescimento de 1,1% a.a. em função de rupturas possíveis no mercado. Ressalta-se que estas projeções foram realizadas antes do anúncio da sobretaxa imposta pelos Estados Unidos à China.

As Figuras 19 e 20 apresentam, respectivamente, a trajetória recente da produção mundial de aço¹⁸ e a participação dos principais *players* do mercado¹⁹.

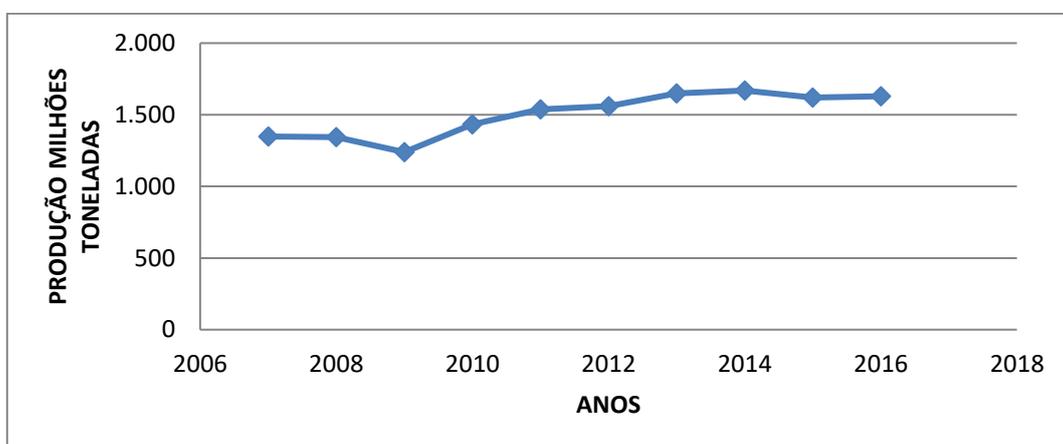


FIGURA19: MUNDO - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE AÇO (MILHÕES DE TONELADAS)

¹⁷OECD/ACCENTURE STRATEGY: "Steel demand beyond 2030 - forecast scenarios". Paris, September 28, 2017. Disponível em https://www.oecd.org/industry/ind/Item_4b_Accenture_Timothy_van_Audenaerde.pdf. Acesso em 15/03/2018.

¹⁸WORLD STEEL ASSOCIATION: "Steel Association Yearbook 2017". Disponível em <https://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2017/worldsteel-2017-steel-statistical-yearbook-now-available-online0.html>. Acesso em 15/02/2018.

¹⁹PETROFF, Alana: "The global steel industry by the numbers". Disponível em <http://money.cnn.com/2018/03/02/news/economy/steel-industry-statistics-us-china-canada/index.html>. Acesso em 15/03/2018.

Fonte dos dados primários: World Steel Association (Op. Cit.). Elaboração própria.

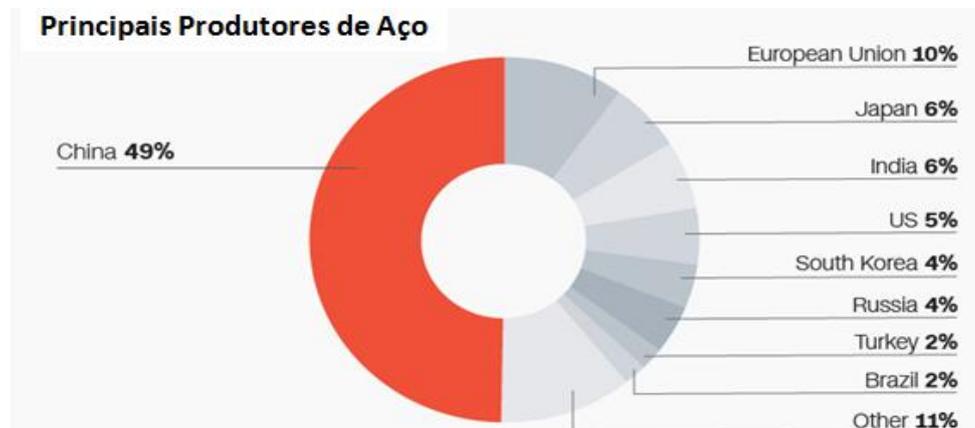


FIGURA20: MUNDO - PRINCIPAIS PRODUTORES DE AÇO (%)
Fonte: Petroff (Op. Cit.)

A China é o maior exportador mundial de aço. Segundo o Departamento de Comércio dos Estados Unidos²⁰, a China exportou, em 2017, 73,3 milhões de toneladas métricas de aço - já uma queda de 31% dos 106,6 milhões exportados em 2016, correspondentes a cerca de 23% de todo aço exportado globalmente.

A Figura21 exibe os principais destinos das exportações chinesas em 2017.

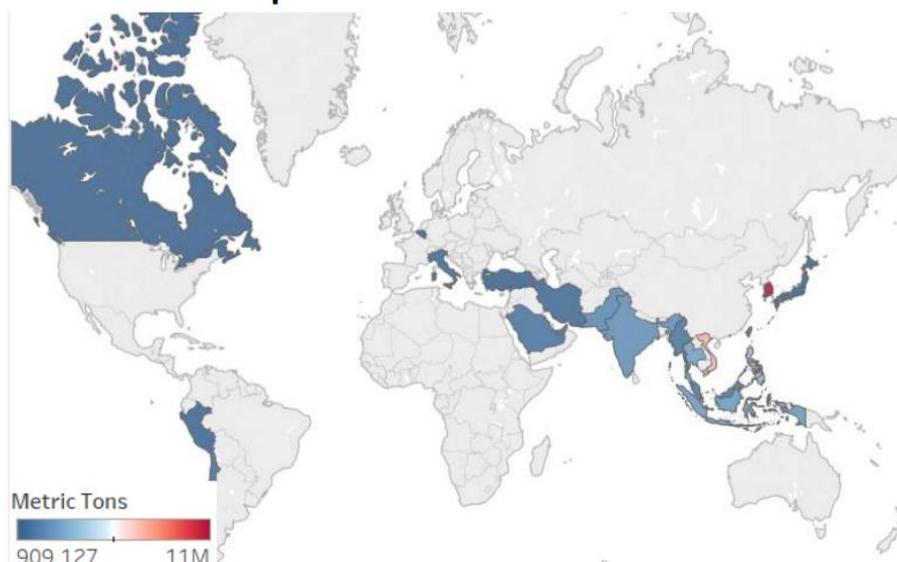


FIGURA21: PRINCIPAIS DESTINOS DAS EXPORTAÇÕES CHINESAS DE AÇO
Fonte: Department of Commerce (Op. Cit.)

²⁰DEPARTMENT OF COMMERCE - United States of America: "Global Steel Trade Monitor, March 2018: Steel exports report - China". Disponível em <https://www.trade.gov/steel/countries/pdfs/exports-china.pdf>. Acesso em 15/03/2018.

Em síntese: responsável por 49% da produção e 23% das exportações mundiais de aço, é de se prever que, ao se sustentar a política norte-americana, a China promoverá um significativo rearranjo em todo o mercado mundial na busca de colocações alternativas para seu excedente exportável, de grande importância para ocupar sua grande capacidade produtiva ociosa.

Outra fonte, o DBS²¹, já sinalizava, antes da medida protecionista norte-americana, uma perspectiva de estagnação do mercado mundial de aço devido a excesso de capacidade mundial - particularmente na China. Afirma que, a produção cresceu de 188 milhões de toneladas, em 1950, para 1,62 bilhões, em 2015, principalmente, estimulada pela forte demanda chinesa, particularmente, no período 2000-2014.

A análise do DBS projeta relativa estagnação do mercado para os próximos 10 a 15 anos, devido, principalmente, à expectativa de estabilização da demanda chinesa, sem perspectivas de surgimento de outra economia capaz de compensar o dinamismo e porte daquele país.

Outros componentes podem ser agregados à explicação desta queda de demanda do mercado:

- Redução das importações de Japão (1,5 milhões toneladas/ano), estados Unidos (2,2 milhões de toneladas/ano) e União Europeia (1,0 milhão de toneladas/ano);
- As importações americanas de DRI (Direct Reduced Iron) /HBI (Hot-Briquetted Iron) de Trinidad e Tobago contribuíram para sua redução de compras de gusa.

Essa redução de mercado mundial de gusa afetou mais acentuadamente o Brasil como se vê na Tabela 5. O fato se explica pela perda de sua competitividade frente aos maiores exportadores mundiais de gusa, os países da Comunidade dos Estados Independentes (CEI), especialmente Rússia e Ucrânia, detentores de usinas grandes, com bom nível tecnológico e, também, de jazidas próprias de minério de ferro e carvão mineral, deste modo, conseguem ter preços competitivos, quando comparados ao do Brasil

²¹DBS BANK Development Bank of Singapore: "Asian Insights: Oversupply in the steel sector - Challenges and opportunities". July 2016. Disponível em https://www.dbs.com.sg/.../pdfController.page?...global_steel. Acesso em 15/03/2018.

TABELA5 - EXPORTAÇÕES MUNDIAIS DE GUSA (MILHÕES DE TONELADAS)

PAÍS / REGIÃO	ANOS										
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Brasil	6,2	5,9	6,3	3,1	2,3	3,2	3,0	2,7	2,6	2,7	2,1
Rússia e Ucrânia (CIS)	7,5	8,3	7,2	5,4	4,9	6,0	5,9	6,2	6,6	7,5	7,7
Total	17,6	18,2	17,4	12,1	11,6	13,7	12,5	12,5	12,6	13,0	13,0

Fonte: J. Mendo Consultoria, Op. Cit.

Mais recentemente, com a redescoberta da exploração do *shale gas* no USA, outros metálicos (*DRI -Direct Reduced Iron/HBI -Hot-Briquetted Iron*) representam grande ameaça para o gusa brasileiro, que tinha esse país como o destino de mais de 50% das suas exportações, por apresentarem preços mais competitivos

Em síntese, o cenário, que já era de perspectiva de estagnação, agrava-se com o comportamento recente dos Estados Unidos, *player* crítico no mercado mundial, sinalizando - pelo menos no que tange aos curto e médio prazos - com forte desarranjo do mercado e perspectivas pessimistas de evolução.

4.2 O CENÁRIO BRASILEIRO

Segundo as estatísticas do MME - Ministério de Minas e Energia do Brasil²², o País vem apresentando redução sistemática na produção de aço bruto, como pode ser visualizado na Figura22. a seguir.

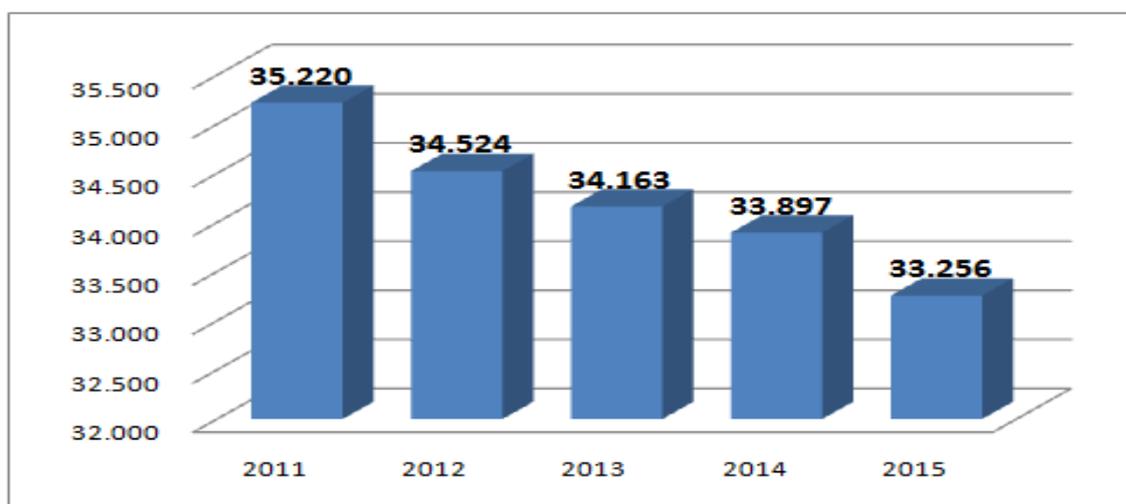


FIGURA22: BRASIL - PRODUÇÃO DE AÇO BRUTO (1.000T)

Fonte: MME (Op. Cit.)

²²MME - Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação mineral. Departamento de Transformação e Tecnologia Mineral. "Anuário estatístico do setor metalúrgico 2016". Disponível em <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes>. Acesso em 20/04/2018.

Cabe mencionar que a produção, em 2015, correspondeu a uma utilização de 68% da capacidade instalada de 49 milhões de toneladas. O MME, citando o IABr - Instituto Aço Brasil, infere que esses números são reflexo do cenário político-econômico nacional e da contínua perda de competitividade sistêmica que atinge a indústria brasileira do aço, além de outros fatores como o excesso de capacidade de produção de aço no mundo, estimada em 719 milhões de toneladas.

O consumo de insumos pelo setor comportou-se, no período 2011 a 2015, conforme apresentado na Tabela6, a seguir:

TABELA6 - BRASIL - CONSUMO DE INSUMOS DE INTERESSE DO ESTUDO PELO SETOR SIDERÚRGICO (1000t)

INSUMOS	ANOS				
	2011	2012	2013	2014	2015
Carvão vegetal	1.413	1.495	1.438	1.676	1.643
Carvão mineral coqueificável	11.795	11.495	11.541	11.216	10.373
Carvão pci*	3.003	2.863	3.032	3.282	3.816
Coque	12.628	12.260	11.675	11.519	11.606
Coque de petróleo	665	1.067	1.019	967	1.109
Ferro-gusa	28.376	27.799	27.600	27.674	28.360
Ferroligas	482	779	621	521	476

Fonte: MME (Op. Cit.).

*Carvão pulverizável

Em 2015, a produção brasileira de ferro-gusa foi de 32,1 milhões de toneladas, superior em 0,8%, a de 2014. As usinas integradas representaram 84,6% desse total.

Segundo o Sindicato da Indústria do Ferro no estado de Minas Gerais – SINDIFER, nesse mesmo ano (2015) a produção de gusa da siderurgia a coque foi de 25,6 milhões de toneladas, e 6,5 milhões de toneladas foram produzidas usando carvão vegetal como redutor (2,2 milhões de toneladas produzidas pelas usinas integradas e 4,3 milhões de toneladas pelos produtores independentes). Em 2016 - os dados mais recentes do SINDIFER - verificou-se uma queda geral da produção, função da crise econômica por que passou o Brasil.

A indústria de ferro-gusa (de mercado) produz ferro-gusa para fundição e ferro-gusa para aciaria. O gusa de fundição é utilizado pelas indústrias de autopeças em forjados, já o de aciaria é predominantemente exportado.

No estado de Minas Gerais está localizado o maior número de usinas de ferro-gusa (usinas independentes). Em 2015 (último dado disponível ao nível nacional), a produção de Minas Gerais representou 59,5% do total da produção

das usinas independentes. A produção abastece o mercado interno e o excedente é exportado.

Como era de se esperar, a utilização do carvão vegetal é uma demanda derivada do setor siderúrgico, donde a queda em seu consumo ser diretamente associada à retração da siderurgia no Brasil²³. Note-se que o impacto da retração deu-se primordialmente nas usinas independentes consumidoras de carvão vegetal, como pode ser visualizado na Tabela7 adiante.

TABELA7 - BRASIL - PRODUÇÃO TOTAL DE FERRO-GUSA (T)

ANO	SIDERURGIA A COQUE	SIDERURGIA A CARVÃO VEGETAL			TOTAL
		Usinas Integradas	Usinas Independentes	Total a Carvão Vegetal	
2005	22.460.688	1.649.889	9.693.678	11.343.567	33.804.255
2006	21.275.851	1.709.072	9.586.266	11.295.338	32.571.189
2007	23.962.642	1.980.150	9.628.058	11.608.208	35.570.850
2008	24.380.975	2.148.466	8.552.385	10.700.851	35.081.826
2009	18.995.360	1.867.000	4.689.000	6.556.000	25.551.360
2010	23.702.000	2.135.360	5.027.387	7.162.747	30.864.747
2011	25.334.200	2.256.500	5.824.004	8.080.504	33.414.704
2012	24.580.910	2.318.790	5.598.006	7.916.796	32.497.706
2013	23.916.956	2.283.244	5.352.074	7.635.318	31.552.274
2014	24.599.200	2.313.692	5.035.952	7.349.644	31.948.844
2015	25.592.840	2.210.560	4.306.998	6.517.558	32.110.398
2016	22.625.208	2.155.592	3.551.290	5.706.882	28.332.090

Fonte: SINDIFER, Op. Cit.

Da Tabela7 pode-se produzir a Figura23, que evidencia a clara tendência declinante no consumo de carvão vegetal pela siderurgia, inclusive - a se manter a atual tendência - a extinção de seu consumo pelas usinas independentes ao final dos anos 2020.

²³SINDIFER - Sindicato da Indústria do ferro do estado de Minas Gerais: "Anuário estatístico 2016". Disponível em http://www.sindifer.com.br/institucional/anuario/anuario_2016.pdf. Acesso em 15/03/2018

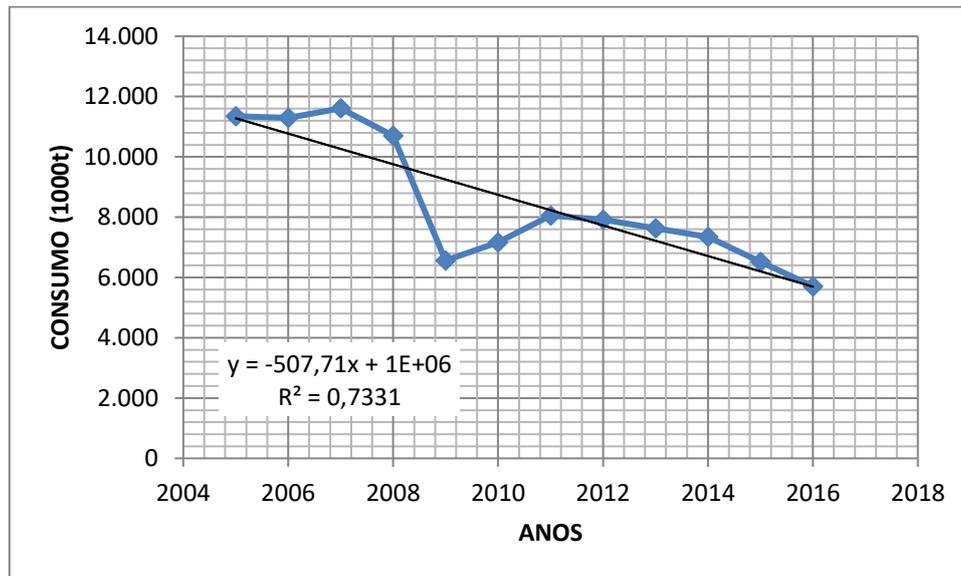


FIGURA23: BRASIL - EVOLUÇÃO DO CONSUMO DO CARVÃO VEGETAL NA PRODUÇÃO DE FERRO-GUSA
 Fonte: Tabela 7, elaboração própria.

Em termos de distribuição espacial da produção de gusa no estado de Minas Gerais, os dados são os que se seguem:

TABELA8 - MINAS GERAIS - CAPACIDADE INSTALADA E PRODUÇÃO ESTIMADA DE GUSA EM 2017 POR REGIÃO (1000T)

REGIÃO	CAPACIDADE INSTALADA	PRODUÇÃO ESTIMADA (2017)
Nordeste	337.000	124.000
Oeste	195.200	83.500
Grande BH e Outras Regiões	71.500	30.000
Total	603.700	237.500

FONTE: J. Mendo, extraído de SINDIFER Op. Cit.

As razões para explicar a queda de produção dos guseiros são várias e estão associadas às perdas em ambos os mercados, interno e externo. A queda de mercado interno se explica pela crise da siderurgia decorrente da crise econômica do País, com as usinas semi-integradas (rota FEA – Forno Elétrico a Arco) reduzindo suas compras, assim como a siderurgia a coque (complemento de carga fria nos conversores a oxigênio).

As compras totais do mercado interno de gusa estão resumidas na Tabela9, que inclui gusa de aciaria e gusa de fundição.

TABELA9 - MERCADO INTERNO DE GUSA (1000t)

PAÍS / REGIÃO	ANOS											
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Minas Gerais	2.510	3.145	2.921	1.912	1.395	2.213	1.981	1.950	2.065	1.941	1.316	1.187
Brasil	2.983	3.448	3.703	2.253	1.636	2.718	2.594	2.584	2.660	2.447	1.555	1.374
MG / Brasil	84,14%	91,21%	78,88%	84,86%	85,27%	81,42%	76,37%	75,46%	77,63%	79,32%	84,63%	86,39%

Fonte: J. Mendo Consultoria 2017 (Op. Cit.), extraído de SINDIFER 2016.

As quedas de vendas para o mercado interno de gusa de fundição nos últimos anos se explicam em razão da queda de produção de fundidos de ferro. O Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico 2017, publicado pelo MME - Ministério de Minas e Energia, comprova esta queda (Tabela10).

TABELA10 - PRODUÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIDOS EM TONELADAS

PRODUTOS	2012	2013	2014	2015	2016
Ferro	2.360.680	2.571.337	2.258.900	1.890.932	1.773.578
Aço	252.020	232.503	262.800	243.085	164.186
Não Ferrosos	247.198	267.598	217.500	181.880	165.186
Cobre	14.828	17.642	22.200	21.749	21.936
Zinco	3.445	3.586	1.700	1.266	1.427
Alumínio	225.276	241.741	188.700	153.949	135.994
Magnésio	3.649	4.629	4.900	4.916	5.829
Total	2.859.898	3.071.438	2.739.200	2.315.897	2.102.950

Fonte: J. Mendo (Op. Cit.).

O Setor de gusa a carvão vegetal vem perdendo sua competitividade com os metálicos concorrentes. Essa perda de competitividade pode ser analisada considerando três grupos de fatores:

- Atraso Tecnológico;
- Custo do Redutor (carvão vegetal) em relação ao gás ou ao carvão mineral;
- Escala de Produção.

O preço de carvão vegetal atualmente (baseado em pesquisa própria feita pela J.Mendo, durante o mês de dezembro de 2017) oscilou em torno de R\$ 130,00 por metro cúbico (m³) ou R\$ 588,00 por tonelada (t) ou US\$ 178,00/t (considerando a taxa de câmbio de R\$ 3,30 para cada dólar americano).

A comparação do carvão vegetal com o carvão mineral deve ser feita com a média ponderada entre o carvão mineral coqueificável e o carvão mineral para injeção nas ventaneiras (PCI – *Pulverized Coal Injection*), já que esses dois insumos são utilizados, simultaneamente, na siderurgia a coque.

Como o consumo de redutor no alto-forno é de 350 kg de coque (490 kg de carvão mineral coqueificável a US\$ 220.00/t) mais 150 kg de PCI a US\$ 150.00/t, a média ponderada desse tipo de redutor é de US\$ 130.00/t, bem abaixo dos US\$ 178.00/t para o carvão vegetal.

Vale destacar, entretanto, que essa comparação é meramente teórica, eis que os operadores da indústria siderúrgica não a consideram prática inviável, já que o carvão vegetal somente pode ser utilizado em altos-fornos de menor capacidade, comuns entre os guseiros, mas não na indústria de aço de grande escala.

O custo do ferro-gusa representa o maior custo de produção do aço e, portanto, influencia diretamente a posição relativa da indústria quanto aos seus custos de produção. Na Figura 24, são apresentados os custos de produção de ferro primário dos dez maiores países produtores mundiais de aço, cabendo aqui destacar que:

- Ucrânia e Rússia fazem uso da tecnologia *open heart* (OH), que apresenta custos de produção menores, devido, principalmente, ao baixíssimo controle de emissões;
- A Rússia apresenta uma vantagem em relação ao custo de seu coque, uma vez que se situa entre os dez países de menor custo de produção de coque;
- A Índia, além da questão do baixo custo de mão de obra, tem algumas usinas que utilizam também tecnologias alternativas, como a *Corex* e a *Midrex*, com uso de carvão mineral sem necessidade de coqueificá-lo.

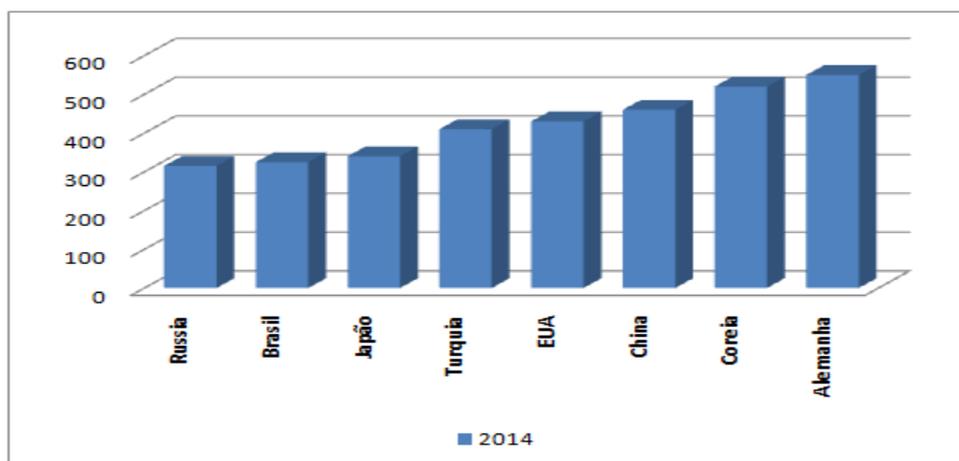


FIGURA 24: OS CUSTOS DE PRODUÇÃO DE FERRO PRIMÁRIO DE 10 MAIORES PAÍSES PRODUTORES MUNDIAIS DE AÇO (US\$/t)

Fonte: CRU International - Crude Steel Market Outlook, 2014. Citado por J. Mendo (Op. Cit.)

O carvão vegetal e o minério de ferro representam cerca de 80% do custo operacional do gusa, a saber, 55% e 25%, respectivamente. Ao contrário da siderurgia integrada, aqui as melhorias de carvoejamento (plântio e

carbonização) têm muito a contribuir. Quase 70% do carvão vegetal utilizado pelos guseiros vêm de fornos arcaicos.

Entretanto, sem um mercado consistente de gusa, os riscos dos investimentos nesta área são particularmente altos. Por outro lado, a redução do consumo unitário de carvão vegetal no topo do alto-forno, associada à otimização da injeção de finos nas ventaneiras (PCI) podem, também, trazer contribuições. A substituição do carvão vegetal no topo por injeção de finos de carvão vegetal nas ventaneiras é feita na razão de 1:1.

Vale lembrar que a injeção de finos nas ventaneiras se deu por dois motivos: (i) utilização destes finos de carvão como redutor, anteriormente vendidos por preços muito baixos; (ii) obtenção de maior produtividade do alto-forno.

A escassez acentuada de minério de ferro granulado de boa qualidade vem onerando as usinas com perda de produtividade dos altos-fornos (pelo alto volume de escória) e maior consumo de carvão vegetal. Existem minérios finos de boa qualidade (*sínter feed* e *pellet feed*), mas são menos competitivos, pois exigiriam investimentos em sinterizações e/ou pelotizações. Porém, investimentos em sinterizações num futuro próximo serão inevitáveis. Algum tipo de incentivo precisaria ser considerado para que as empresas de mineração assumissem esse papel, hoje fora da realidade dos guseiros.

As recentes leis Nº 13.540, de 18 de dezembro de 2017, referente à Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), e Nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017, que cria a Agência Nacional de Mineração (ANM), poderão ser examinadas no que respeita a estímulos às empresas de mineração virem a ser incentivadas a desempenharem esse papel.

Vale ainda mencionar²⁴ que, o alto forno é o principal equipamento utilizado na metalurgia para a obtenção do ferro. A partir dos primeiros fornos, dos tipos mais rudimentares nos quais os gases são perdidos na atmosfera, constantes aperfeiçoamentos técnicos vêm sendo realizados e a capacidade diária, também, é crescente, aproximando-se, nos dias atuais, de 10.000 toneladas de ferro-gusa por dia.

A obtenção do ferro-gusa consiste na redução dos óxidos de minério de ferro, mediante o emprego de um redutor, que é um material a base de carbono (carvão vegetal, mineral ou coque) o qual atua, igualmente, como combustível e fonte de carbono para as ligas ferro-carbono de alto carbono, que são os principais produtos do alto forno.

As principais diferenças, entre o coque e o carvão vegetal, são:

- **Peso específico:** o menor peso do carvão vegetal leva a uma queda na capacidade de carregamento e menor tempo de residência da carga

²⁴**UNIESTE - Curso de Engenharia Metalúrgica:** "Alto forno - carvão vegetal". Disponível em <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfVTMAH/alto-forno-carvao-vegetal>. Consultado em 07-04-2018

metálica no interior do forno, podendo ocasionar aumento no consumo de combustível;

- Resistência mecânica: a menor resistência do carvão vegetal leva a uma maior degradação do mesmo no interior do forno, provocando queda na permeabilidade podendo comprometer sua produtividade, além de prejudicar a descida de carga;
- Percentual de cinzas e enxofre: o menor percentual de cinzas do carvão vegetal implica em um volume de escória de até 50% menor que do coque ajudando o controle da permeabilidade na região inferior do alto-forno;
- Reatividade: a maior reatividade do carvão vegetal leva a uma menor região do alto-forno onde as reações ocorrem praticamente sem consumo de combustível, o que pode implicar no aumento do consumo de combustível quando o coque é substituído pelo carvão.

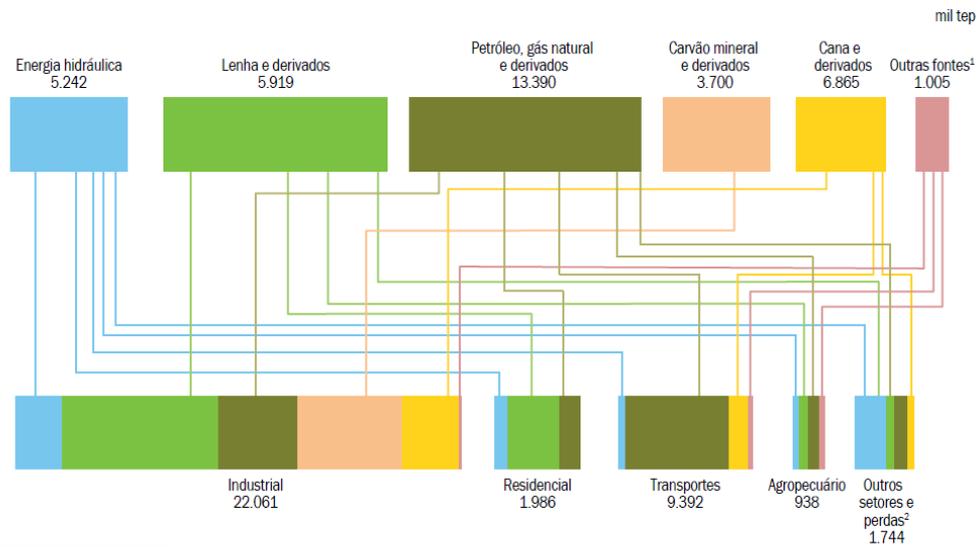
Observa-se, portanto, que a operação a carvão é mais delicada quando se pretende a obtenção de desempenho igual à do alto-forno operando a coque.

4.3 MINAS GERAIS

A demanda total de energia em Minas Gerais,²⁵ em 2015, alcançou 36,1 milhões de tep (tonelada equivalente de petróleo), valor equivalente a 12,0% da demanda total de energia no Brasil. O setor Industrial apresentou a maior demanda de energia do Estado, 22.061 mil tep, que representaram 61,1% do total, com decréscimo de 5,9% em relação à 2014. A demanda de lenha e derivados representou 24,0% do total da indústria, seguida pelos derivados de cana-de-açúcar, com 23,8%; petróleo, derivados e gás natural, com 21,0%; carvão mineral e derivados, com 16,8%; energia hidráulica e outras fontes, com, respectivamente, 11,6% e 2,8%.

Lenha, carvão mineral e derivados representaram, juntos, 40,8% da demanda total do setor industrial do Estado. Isso se deve, principalmente, à representatividade das indústrias siderúrgicas no cenário mineiro, grandes consumidoras de carvão vegetal e coque de carvão mineral. A demanda de energia por fonte e por setor é apresentada na Figura25, a seguir.

²⁵CEMIG - Centrais Elétricas de Minas Gerais: "31º Balanço energético de Minas Gerais 2016".Disponível em http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/inovacao/Alternativas_Energeticas/Documents/BEEMG.pdf. Acesso em 20/03/2018



¹ Outras fontes: licor negro, resíduos de biomassa industriais e agrícolas, oleaginosas e biodiesel.
² Setores Comercial e Público e Perdas na Distribuição e Armazenagem.

FIGURA25: MINAS GERAIS - DEMANDA DE ENERGIA POR FONTE E POR SETOR 2015
 Fonte: CEMIG (Op. Cit.)

Em termos da demanda total de energia, é de se salientar a acentuada queda nos anos recentes do uso de "lenha e derivados" (Figura26).

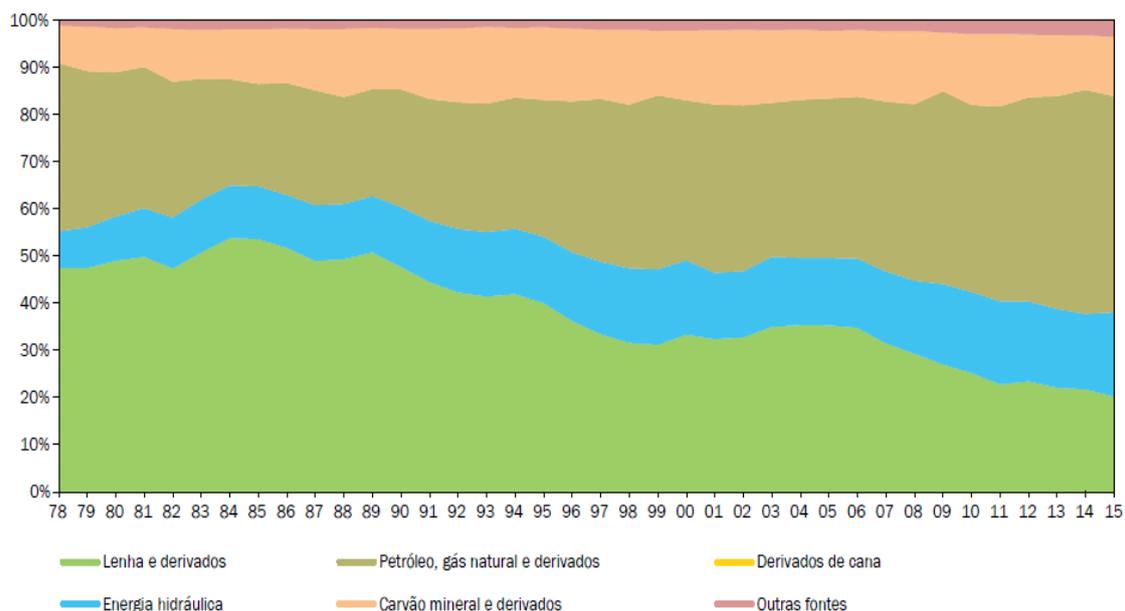
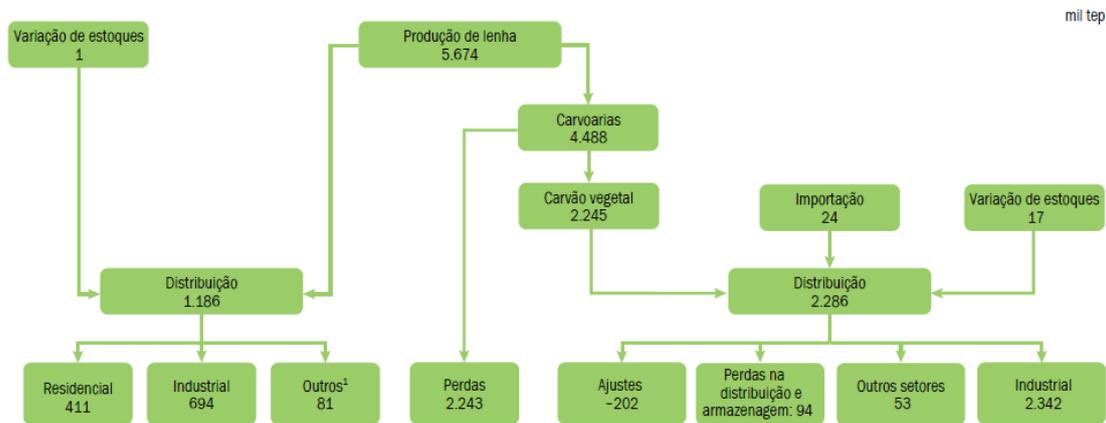


FIGURA26: MINAS GERAIS - EVOLUÇÃO DA PARTICIPAÇÃO DAS FONTES NA DEMANDA TOTAL
 Fonte: CEMIG (Op. Cit.)

O fluxo da fonte "lenha e derivados" em Minas Gerais, desde a sua produção e transformação em carvão vegetal até o consumo final, é apresentado na Figura 27. Esta fonte energética supriu 16,4% da demanda total de energia

do estado em 2015. O setor industrial e o residencial absorveram, respectivamente, 58,5% e 34,7% do total de lenha distribuída.



¹ Setores comercial e agropecuário, destilarias e centrais elétricas autoprodutoras.

FIGURA27: MINAS GERAIS - FLUXO ENERGÉTICO DA FONTE LENHA E DERIVADOS 2015

Fonte: CEMIG (Op. Cit.)

Segundo os dados da CEMIG, dos 5,7 milhões de tep de lenha produzidos, as carvoarias absorveram 79,1%. Além dos 2.245 mil tep de carvão produzidos, o Estado importou de outros Estados 24 mil tep, o que representou 1,0% do total distribuído. O setor industrial foi o maior responsável pelo consumo do carvão distribuído. Do carvão destinado a este setor, 1.034 mil tep, ou seja, 44,1%, foram consumidos pela indústria não integrada de ferro-gusa.

Finalmente, há que se mencionar a queda sistemática do consumo do carvão vegetal no estado de Minas Gerais, iniciada nos anos 1990 e apresentando breves períodos de reação na primeira década do Século XXI (Figura28). Cumpre mencionar que, este espasmo na produção pode ser diretamente correlacionado à euforia de preços das *commodities* promovida pelo crescimento acelerado da China e seus reflexos na economia brasileira, que reagiu de forma acelerada às oportunidades internacionais, seguido de forte decréscimo do consumo, decorrente da crise econômica, primeiramente, mundial e, depois, acentuada no Brasil

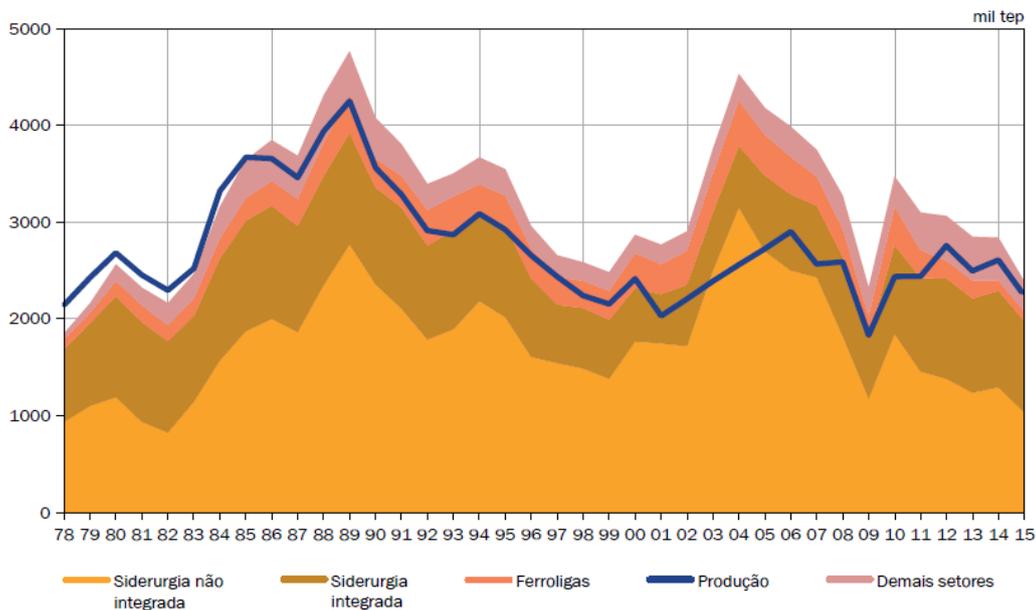


FIGURA28: MINAS GERAIS - EVOLUÇÃO DO CONSUMO DO CARVÃO VEGETAL
Fonte: CEMIG (Op. Cit.)

O estado de Minas Gerais possui a maior área de florestas plantadas do País (24 % segundo IBÁ - Op. Cit.), tendo aumentado os plantios por fomento nesse estado em cinco vezes de 2001 a 2014 e plantios próprios de 10 % no mesmo período²⁶. Entretanto, por problemas vários - desde climáticos a retração da demanda - a evolução de plantios sofre uma ruptura de tendência a partir de 2008, acelerada em 2010 e voltando em 2014 praticamente aos níveis de 2001.

TABELA11 - SITUAÇÃO DOS PLANTIOS FLORESTAIS EM MINAS GERAIS DE 2001–2014

ORIGEM DOS PLANTIOS	ANOS													
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Fomento (mil ha)	12,2	9,5	16,5	29,5	27,7	42,8	51,8	51,5	38,2	24,7	21,8	17,0	29,9	65,5
Índice	100,0	76,0	132,0	236,0	222,0	342,0	414,0	412,0	306,0	198,0	174,0	136,0	239,0	524,0
Próprio (mil ha)	51,2	62,3	88,1	111,2	133,5	106,0	117,3	147,5	90,9	105,9	121,8	81,6	63,2	55,1
Índice	100,0	122,0	172,0	217,0	261,0	207,0	229,0	288,0	178,0	207,0	238,0	159,0	123,0	107,6

Fonte: Secretaria de estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (Op. Cit.).

Cabe, por outro lado, mencionar que o estado de Minas Gerais sempre teve uma participação importante e crescente na produção de lenha no País, como pode ser observado na Tabela12. Assim, independentemente da tendência

²⁶SECRETARIA DE estado DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DE MINAS GERAIS. Silvicultura 2016 em MG ano base 2014 – 2015. Disponível em http://www.agricultura.mg.gov.br/images/Arq_Relatorios/Perfil/Silvicultura/perfil_silvicultura_ago_sto_2016.pdf. Consultado em 06/04/2018.

declinante do plantio florestal, a participação da lenha produzida em Minas Gerais no total do Brasil cresceu, significativamente, entre 2004 e 2015.

TABELA12 - EVOLUÇÃO DA QUANTIDADE DE LENHA PRODUZIDA NO BRASIL E EM MINAS GERAIS DE 2004-2015 (MILHÕES DE M³)

PAÍS / ESTADO	ANOS											
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Brasil	34,0	35,5	36,1	39,1	42,0	41,4	49,1	51,7	56,8	55,3	56,2	55,0
Minas Gerais	2,1	2,2	2,6	3,3	5,3	3,7	4,9	4,7	6,9	6,2	6,9	6,0

Fonte: Secretaria de estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (Op. Cit.).

A Tabela13, na sequência, mostra o comportamento da produção de ferro-gusa em Minas Gerais, demonstrando comportamento decrescente.

TABELA13 - MINAS GERAIS - PRODUÇÃO DE FERRO-GUSA PELAS USINAS INDEPENDENTES (T)

PRODUÇÃO TOTAL NO ESTADO (t)				
ANO	NODULAR	ACIARIA	FUNDIÇÃO	TOTAL
2011	949.600	1.551.181	497.219	2.998.000
2012	977.397	1.473.123	287.827	2.738.347
2013	772.304	1.861.417	291.236	2.924.957
2014	681.778	1.935.107	294.247	2.911.132
2015	717.451	1.563.020	281.856	2.562.327
2016	506.809	1.464.818	330.741	2.302.368

Fonte: SINDIFER, Op. Cit.

Plotada na Figura29, observa-se a estreita correlação entre as produções nacional e mineira de ferro-gusa pelas usinas independentes - o formato similar das curvas deve-se, evidentemente, ao fato de Minas Gerais ser responsável por cerca de 60% da produção brasileira, comandando (negativamente) desta forma a involução do mercado.

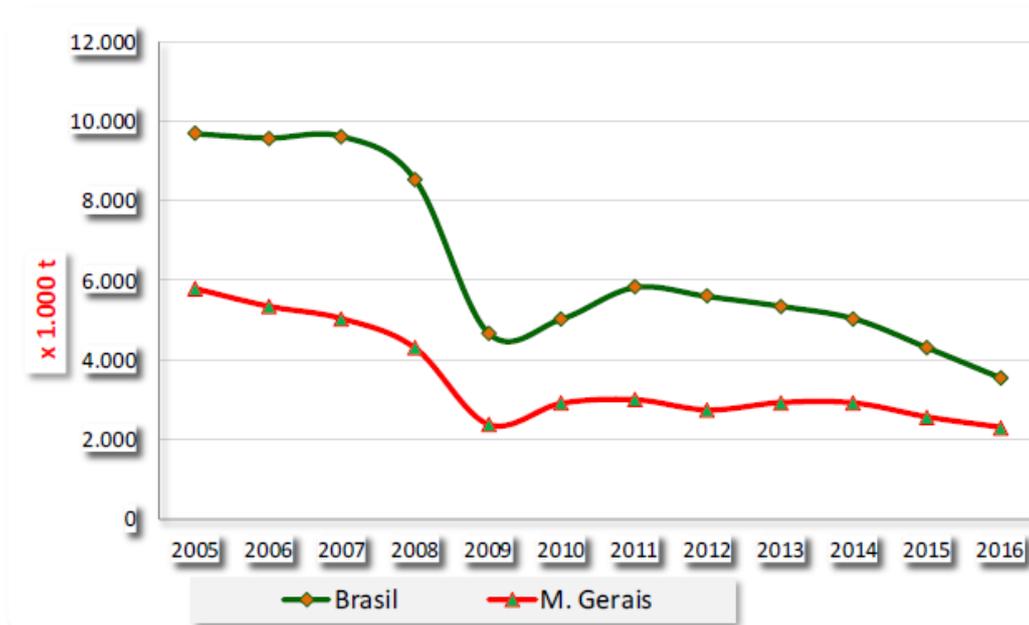


FIGURA29: MINAS GERAIS E BRASIL - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE FERRO-GUSA PELAS USINAS INDEPENDENTES (1.000t)
 Fonte: CEMIG (Op. Cit.)

4.4 PERSPECTIVAS

A Tabela14 apresenta, por Estado produtor, a involução da produção de ferro-gusa pelas usinas independentes, demonstrando que a tendência à redução representa perfil generalizado.

TABELA14 - PRODUÇÃO DE FERRO-GUSA PELAS USINAS INDEPENDENTES POR ESTADO(1.000 T)

ANO	MINAS GERAIS	%	CARAJÁS (*)	%	ESPÍRITO SANTO	%	MATO GROSSO DO SUL	%	TOTAL
2005	5.798	59,3%	3.228	33,0%	506	5,2%	242	2,5%	9.774
2006	5.354	55,8%	3.573	37,3%	377	3,9%	283	3,0%	9.587
2007	5.043	52,4%	3.928	40,8%	351	3,6%	307	3,2%	9.629
2008	4.303	50,3%	3.544	41,4%	281	3,3%	425	5,0%	8.553
2009	2.381	50,8%	1.710	36,5%	345	7,4%	254	5,4%	4.690
2010	2.904	57,8%	1.661	33,0%	199	4,0%	263	5,2%	5.027
2011	2.998	51,5%	2.019	34,7%	357	6,1%	450	7,7%	5.824
2012	2.738	48,9%	2.108	37,7%	260	4,6%	491	8,8%	5.597
2013	2.925	53,7%	1.763	32,3%	296	5,4%	468	8,6%	5.452
2014	2.914	57,9%	1.463	29,1%	226	4,5%	433	8,6%	5.036
2015	2.562	59,5%	1.291	30,0%	216	5,0%	237	5,5%	4.306
2016	2.302	70,2%	585	17,9%	221	6,7%	169	5,2%	3.277

(*) Inclui o Maranhão e o Pará

Fonte: SINDIFER, Op. Cit.

Raad²⁷apresenta projeções para a produção de ferro-gusa através de correlação entre a evolução da produção – por tipo de usina – e a taxa de crescimento do Produto Interno Bruto PIB nacional. É de se salientar que, segundo as observações do autor, enquanto a produção de gusa por produtores independentes cai de um índice de 100 em 2000 para 59 em 2016, a produção por integrados cresce de 100 para 172.

²⁷**RAAD, Túlio Jardim:** Cadeias Produtivas do Carvão Vegetal para uso no setor de ferro-gusa, aço e ferroligas no Brasil .Produto 2 - Análise do estado da arte de cadeias de produção de carvão vegetal destinado ao setor de ferro-gusa, aço e ferroligas no Brasil. Projeto BRA/14/G31 – Produção de Carvão Vegetal de Biomassa Renovável para a Indústria Siderúrgica no Brasil – PNUD – Novembro 2017.

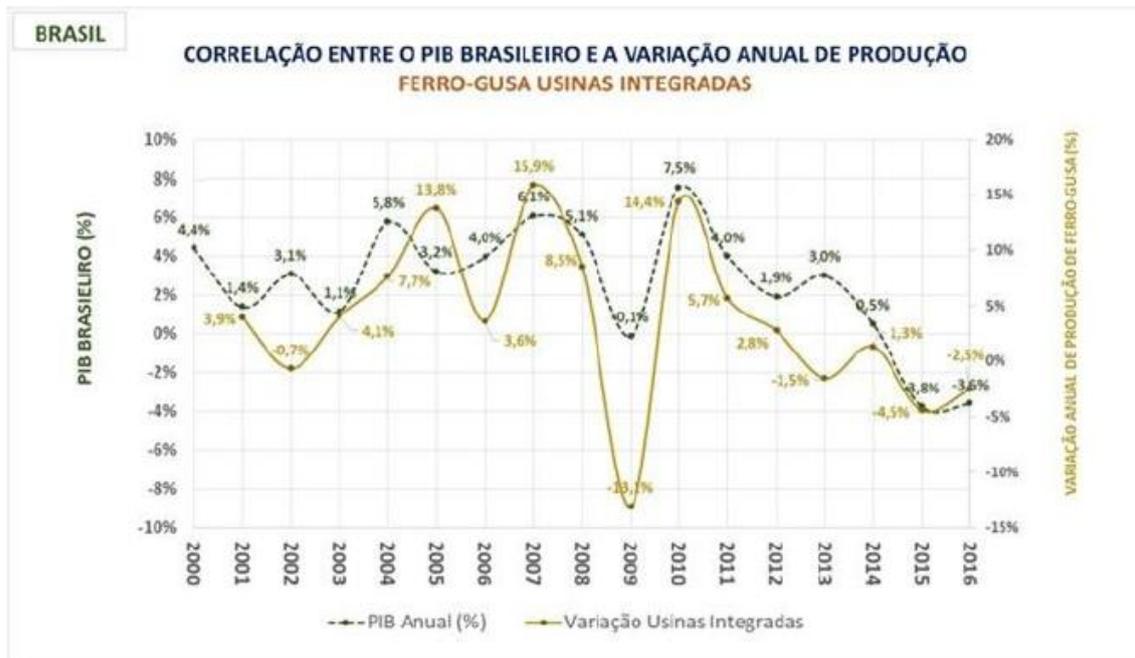


FIGURA30: EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE FERRO-GUSA DAS USINAS INTEGRADAS VERSUS EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DO PIB BRASILEIRO
 Fonte: Raad, Op. Cit. Citando SINDIFER 2016 E IBGE 2016

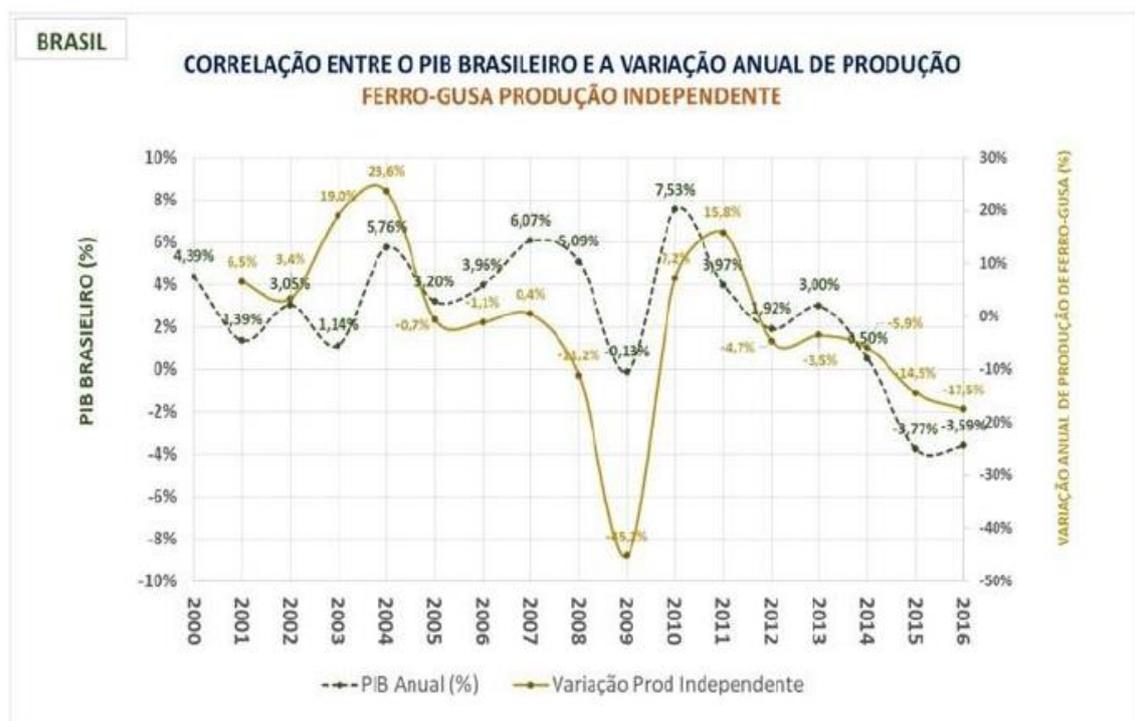


FIGURA31: EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE FERRO-GUSA DAS USINAS INDEPENDENTES VERSUS EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DO PIB BRASILEIRO
 Fonte: Raad, Op. Cit. Citando SINDIFER 2016 E IBGE 2016

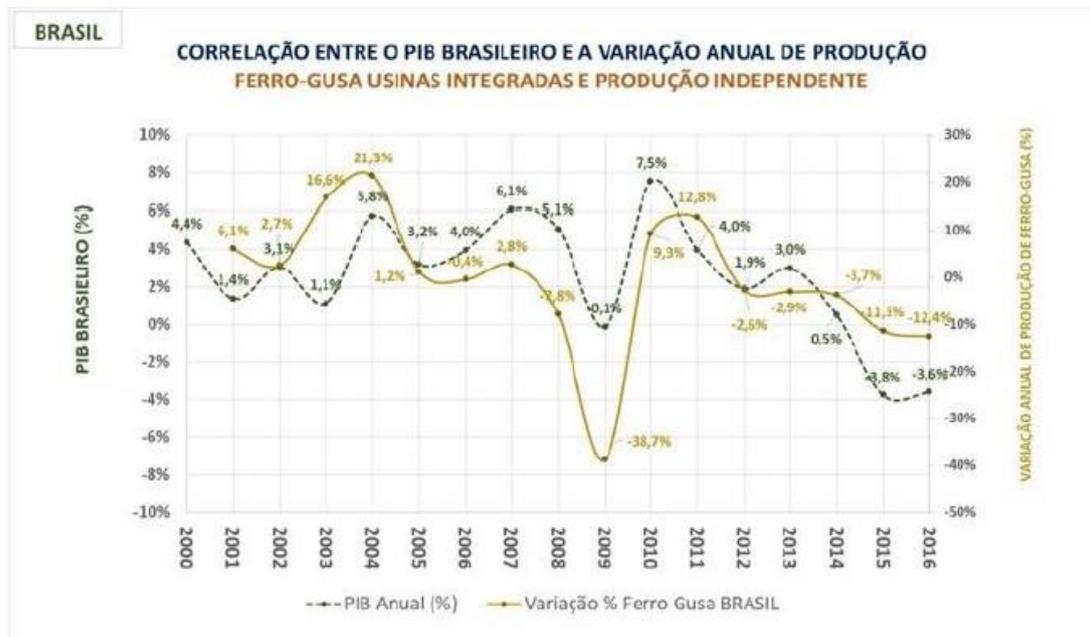


FIGURA32: EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO TOTAL DE FERRO-GUSA VERSUS EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DO PIB BRASILEIRO

Fonte: Raad, Op. Cit. Citando SINDIFER 2016 E IBGE 2016

Em suas projeções para o ferro-gusa no Brasil como um todo, Raad propõe um cenário conservador e um cenário otimista. Para 2024, o cenário otimista prevê uma leve recuperação do setor a partir de 2021, enquanto o pessimista mantém a tendência declinante da produção (Figura33).

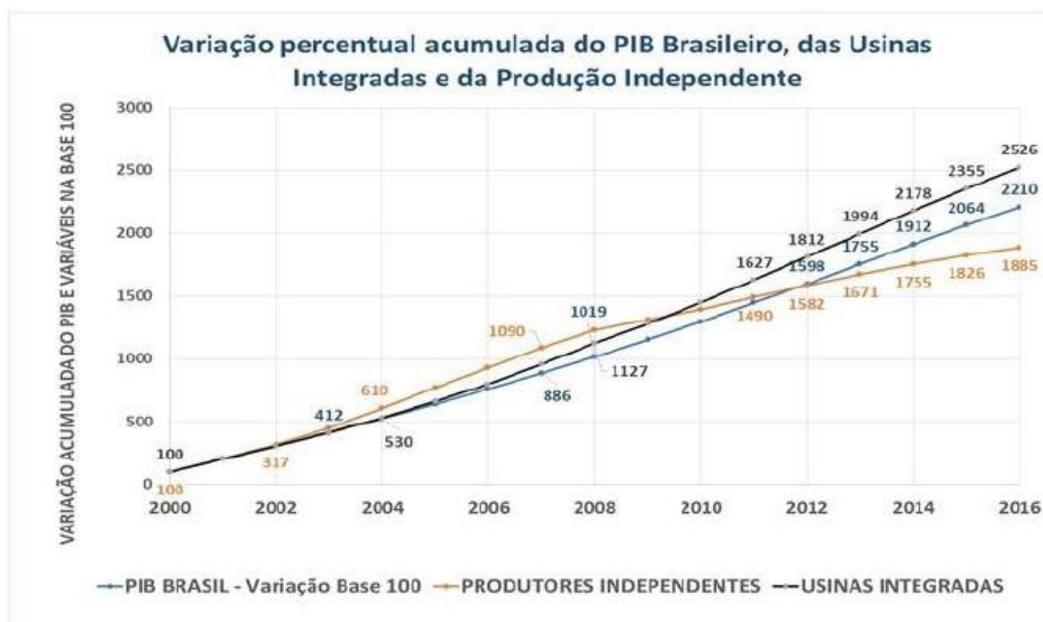


FIGURA33: BRASIL: COMPARAÇÃO DO CRESCIMENTO DO PIB E DO SETOR DE FERRO-GUSA
Fonte: Raad, Op. Cit. Citando SINDIFER 2016 E IBGE 2016

Observa-se na Figura33 que os produtores independentes cresceram acima do PIB de forma significativa no período de 2003 a 2007, invertendo-se esta tendência rapidamente após a crise mundial de 2008, com forte viés negativo, saindo de uma variação de 23% em 2007 para (-14,7)% em 2016 . O mesmo não ocorreu com o crescimento acumulado das usinas integradas, que manteve um aumento contínuo em relação ao PIB, quase se estabilizando em 14% no último triênio (2014 a 2016).

A partir das observações acima, Raad elabora um cenário otimista e outro pessimista para a evolução da produção de ferro-gusa de produção independente levando em consideração suas expectativas de evolução do PIB. No cenário conservador, a curva acumulada do setor de ferro-gusa independente continua em queda, aumentando a diferença para a curva do PIB chegando a (-32%) em 2024. No cenário otimista, a curva acumulada do setor de ferro-gusa independente entra em ciclo de recuperação de crescimento, invertendo a tendência de queda em 2021 e reduzindo a cada ano a diferença com a curva acumulada de evolução do PIB brasileiro (Figura34).

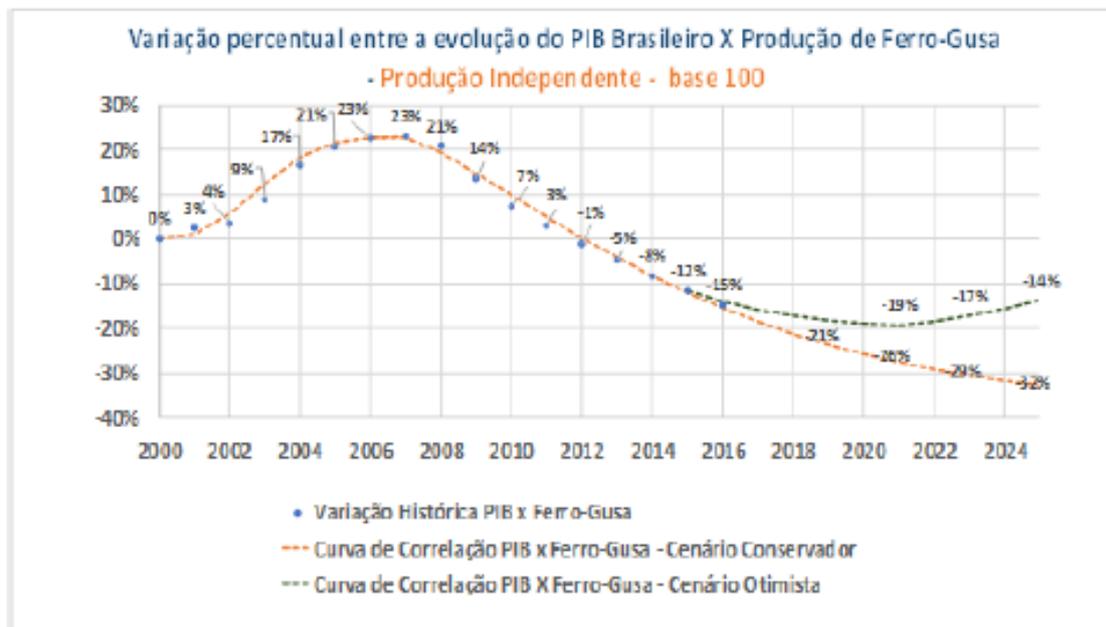


FIGURA34: EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE FERRO-GUSA DA PRODUÇÃO INDEPENDENTE VERSUS EVOLUÇÃO DO PIB BRASILEIRO

Fonte: Raad, Op. Cit. Citando SINDIFER 2016 E IBGE 2016

Como anteriormente mencionado, as expectativas de evolução do mercado mundial não são favoráveis, principalmente, a partir da expectativa de que a economia chinesa não deve retomar as taxas de crescimento do início dos anos 2000, assim como não são vislumbradas outras economias capazes de replicar aquele momento de forte produção e consumo de aço.. O



comportamento recente da política dos Estados Unidos contribui para esse desarranjo do mercado.

Aqui cabe um comentário comparativo entre as expectativas de Raad (Figura34) e a Figura18 anteriormente apresentada: seu cenário conservador sinaliza, como na Figura18, para um caminho de extinção da produção independente de ferro-gusa, hipótese que - se mantiver a tendência passada - parece inexorável, salvo mudanças pouco prováveis no cenário mundial ou ações governamentais de estímulo e/ou proteção ao segmento.

À guisa de conclusão pode-se, então, admitir que as perspectivas de evolução do mercado de carvão vegetal podem, numa visão otimista, apresentar-se como de estabilização dos atuais níveis de demanda, sendo entretanto, mais realista, uma perspectiva de lento (porém firme) decréscimo.

5 O AMBIENTE DO PROJETO

5.1 AMBIENTE INSTITUCIONAL

Em aprofundamento da legislação ambiental tradicional do Brasil, já considerada das mais avançadas e completas do mundo, o país ratificou, na esteira dos compromissos firmados na 21ª Conferência das Partes (COP21) da UNFCCC, em Paris - o "Acordo de Paris" - seu Plano Nacional de Mudança do Clima em dezembro de 2008.

O plano define as ações e medidas voltadas à mitigação e adaptação à mudança do clima. A Lei Federal Nº 12.144 de 9 de dezembro de 2009 criou o Fundo Clima para dar suporte financeiro à ação de mitigação e adaptação, usando recursos advindos dos royalties do petróleo. A Lei Federal Nº 12.187 de 9 de dezembro de 2009, instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), a qual prevê os princípios, objetivos, as diretrizes e os mecanismos de implementação da Política Nacional de Mudança do Clima. Essa lei é um marco, já que cria uma base legal para ações que já estão sendo implementadas pelo Governo Federal e para que os governos federal, estadual e local possam desenvolver outras políticas.

Para o alcance do objetivo final do Acordo, os governos se envolveram na construção de seus próprios compromissos, a partir das chamadas Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (iNDC, na sigla em inglês). Por meio das iNDCs, cada nação apresentou sua contribuição de redução de emissões dos gases de efeito estufa, seguindo o que cada governo considera viável a partir do cenário social e econômico local²⁸.

Após a aprovação pelo Congresso Nacional, o Brasil concluiu, em 12 de setembro de 2016, o processo de ratificação do Acordo de Paris. No dia 21 de setembro o instrumento foi entregue às Nações Unidas. Com isso, as metas brasileiras deixaram de ser pretendidas e tornaram-se compromissos oficiais. Agora, portanto, a sigla perdeu a letra "i" (do inglês, *intended*) e passou a ser chamada apenas de NDC.

A NDC do Brasil comprometeu-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Para isso, o país se comprometeu a aumentar a participação de bioenergia sustentável na sua matriz energética para aproximadamente 18% até 2030, restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas, bem como alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030.

²⁸ **MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE:** "Acordo de Paris". Disponível em <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em 09/04/2018.



A NDC do Brasil corresponde a uma redução estimada em 66% em termos de emissões de gases efeito de estufa por unidade do PIB (intensidade de emissões) em 2025 e em 75% em termos de intensidade de emissões em 2030, ambas em relação a 2005. O Brasil, portanto, reduzirá emissões de gases de efeito estufa no contexto de um aumento contínuo da população e do PIB, bem como da renda per capita, o que confere extrema ambição a essas metas.

Para alcançar tais metas, uma série de indicações terão de ser seguidas em diversos setores da gestão pública dos recursos naturais até 2030²⁹:

- Aumentar a participação da bioenergia sustentável na matriz energética brasileira para 18%;
- Fortalecer o cumprimento do Código Florestal;
- Restaurar 12 milhões de hectares de florestas;
- Alcançar desmatamento ilegal zero na Amazônia brasileira;
- Chegar à participação de 45% de energias renováveis na matriz energética;
- Obter 10% de ganhos de eficiência no setor elétrico;
- Promover o uso de tecnologias limpas no setor industrial;
- Estimular medidas de eficiência e infraestrutura no transporte público e áreas urbanas.

No que diz respeito ao financiamento climático, o Acordo de Paris determina que os países desenvolvidos deverão investir 100 bilhões de dólares por ano em medidas de combate à mudança do clima e adaptação, em países em desenvolvimento. Uma novidade no âmbito do apoio financeiro é a possibilidade de financiamento entre países em desenvolvimento, chamada “cooperação Sul-Sul”, o que amplia a base de financiadores dos projetos.

Observa-se no texto a preocupação em formalizar o processo de desenvolvimento de contribuições nacionais, além de oferecer requisitos obrigatórios para avaliar e revisar o progresso das mesmas. Esse mecanismo exige que os países atualizem continuamente seus compromissos, permitindo que ampliem suas ambições e aumentem as metas de redução de emissões, evitando qualquer retrocesso. Para tanto, a partir do início da vigência do acordo, acontecerão ciclos de revisão desses objetivos de redução de gases de efeito estufa a cada cinco anos.

O setor siderúrgico é uma prioridade da política de mudança do clima apresentada na Conferência das Partes (COP) de Copenhague, em dezembro de 2009. O Brasil apresentou à UNFCCC seu compromisso de reduções voluntárias para o setor siderúrgico da ordem de 8 a 10 milhões de toneladas

²⁹CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. "Quais são as metas do Brasil para o Acordo de Paris?" 10/04/2017. Disponível em <http://cebds.org/>. Acesso em 09/04/2018.

de CO₂eq até 2020. Essas ações de mitigação foram incluídas na Política Nacional sobre Mudança do Clima.

Em 2010, foi publicado Decreto regulamentador da referida Política Nacional, que definiu que os planos setoriais de mitigação e adaptação deveriam ser desenvolvidos e detalhados no decorrer de 2011. Em resposta, o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) elaborou um plano de redução de emissão que previa duas metas de mitigação de gases de efeito estufa (GEE):

1. Aumentar o valor de estoques das florestas plantadas para abastecer a indústria siderúrgica com biomassa renovável e sustentável;
2. Melhorar o processo de produção de carvão vegetal para reduzir as emissões e aumentar a eficiência no uso da biomassa.

Desde o início esses objetivos fazem parte da meta global de melhorar a competitividade da produção do carvão de origem vegetal para o setor siderúrgico, entendendo que a produção de coque é o padrão mundial.

Como anteriormente demonstrado, o estado de Minas Gerais é responsável pela maior produção e pelo maior consumo de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira. O programa federal de redução de emissão é consistente com o "Pacto de Sustentabilidade" celebrado pelas autoridades estaduais, pelo setor siderúrgico e pelas ONGs locais, que serviu de base para a lei florestal 18.365/2009 implementada em Minas Gerais. A Lei nº 18.365/2009 prevê a diminuição gradativa do uso de floresta nativa oriunda de supressão legal até 2018, quando apenas 5% do consumo anual total de produto ou subproduto florestal de pessoas físicas ou jurídicas poderá ter essa origem. Vale mencionar que a lei exige, ainda, no art. 18, que a partir de 2010 os consumidores comecem a plantar, fomentar ou comprar florestas plantadas. Isso para atender a 95% do consumo a partir de 2019.

Do ponto de vista de incentivos fiscais, ademais da legislação já tradicional do setor agropecuário tramita atualmente no Senado Federal o Projeto de Lei do Senado nº 249, de 2011³⁰ que "Cria o incentivo fiscal de redução de imposto de renda para fomentar projetos de florestamento ou reflorestamento em propriedade rural familiar". Essa lei será efetivada mediante contrato entre o legítimo proprietário ou possuidor de imóvel rural familiar e a pessoa física ou jurídica declarante do imposto devido. Dispõe ainda que o contrato poderá também ser celebrado com associações cooperativas, desde que compostas exclusivamente por agricultores familiares ou empreendedores familiares rurais

5.2 . FONTES DE FINANCIAMENTO

O setor florestal acessa, como todo o setor agropecuário do País, as fontes de recursos específicas para a atividade, principalmente, através do Banco do

³⁰SENADO FEDERAL: "Projeto de Lei do Senado nº 249 de 2011. Disponível em <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/100216>. Acesso em 09/04/2018.



Brasil BB e do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES.

Ademais, conforme o Guia de Financiamento Florestal 2016 e o Quadro Síntese - Guia de Financiamento Florestal 2016³¹ elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA, existem inúmeras linhas que atendem as necessidades das empresas, comunidades, cooperativas, agricultores familiares, povos, comunidades tradicionais e outras que necessitem de recursos financeiros para financiar e custear atividades de florestas visando a promoção do uso sustentável das florestas.

principais atividades que se enquadram para serem financiadas são: o manejo florestal, a recuperação da vegetação nativa em áreas de preservação permanente (APP) e Reserva Legal (RL), o plantio de essências nativas e de sistemas agroflorestais, silvipastoris, o plantio de florestas, o beneficiamento de produtos florestais, assim como incremento à comercialização e ao capital de giro.

O guia explicita as principais informações sobre as linhas de crédito, suas finalidades e modalidades, seus beneficiários, limites de valores, taxas de juros, prazos de reembolso e carência, as garantias estipuladas e os agentes financeiros que as operam.

O quadro síntese do guia, a seguir apresentado, compara as linhas de crédito, facilitando aos usuários uma melhor visualização de tipo de linha que melhor poderá lhe atender. Classifica por tamanho do produtor e destinação do recurso do financiamento.

³¹ **MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE:** "Guia de Financiamento Florestal 2016". Disponível em <http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/1799-guia-de-financiamento-florestal-2016/file> e <http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/1792-quadro-sintese-guia-de-financiamento-florestal-2016/file>. Acesso em 16/04/2018.

TABELA15 - FONTES DE FINANCIAMENTO FLORESTAL

AGRICULTURA FAMILIAR	MÉDIOS PRODUTORES	AGRICULTURA EMPRESARIAL
<p>Para custeio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pronaf Agroindústria • Pronaf Agricultor Familiar <p>Para investimento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pronaf Agroecologia • Pronaf Agroindústria • Pronaf Eco • Pronaf Eco Dendê/Seringueira • Pronaf Florestal • Pronaf Grupo B • Pronaf Jovem • Pronaf Mais Alimentos • Pronaf Mulher • Pronaf Reforma Agrária • Pronaf Semiárido 	<p>Para custeio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pronamp Custeio <p>Para investimento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pronamp Investimento 	<p>Para custeio</p> <ul style="list-style-type: none"> • Custeio agropecuário – recursos controlados • Custeio agropecuário – recursos não controlados • Operações com recursos do Funcafé • Retenção de Matrizes e Crias – recursos controlados • Retenção de Matrizes e Crias – recursos não controlados <p>Para investimento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inovagro • Moderagro • Moderfrota • Moderinfra • Programa ABC <p>Para comercialização</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comercialização produção própria • Desconto de Nota Promissória Rural (NPR) e Duplicata Rural (DR) • Funcafé – Aquisição de Café e Capital de Giro • Funcafé – Estocagem

Fonte: MMA, Op. Cit.

Mais diretamente em relação a este projeto, os produtores da área em estudo poderiam se beneficiar das seguintes fontes, considerando as suas características:

TABELA16 - FONTES DE FINANCIAMENTO FLORESTAL DE INTERESSE DO PROJETO

CUSTEIO	INVESTIMENTO	COMERCIALIZAÇÃO
Pronaf Agricultor Familiar	Pronaf Agroecologia	
	Pronaf Florestal	

Fonte: MMA, Op. Cit.



Outra fonte de interesse, específica para o financiamento de investimentos em máquinas e equipamentos, é o Cartão BNDES Agro, específico para produtores rurais³², disponibilizado através de bancos repassadores (Banco do Brasil, Caixa Econômica Federal, Bradesco, Banco Itaú e Banco Santander).

É do banco emissor escolhido a responsabilidade pela análise e aprovação do crédito, bem como todo o relacionamento com o cliente, incluindo a cobrança de prestações e a aplicação de tarifas.

Para obtenção do Cartão BNDES Agro é obrigatório estar em dia com os tributos federais. O pretendente pode, entretanto, “avançar” na sua solicitação do Cartão enquanto regulariza a sua situação fiscal, caso haja alguma pendência.

Cabe mencionar que, em todas as fontes de recursos, o acesso ao crédito é condicionado pelas normas comerciais, ou seja, o tomador tem que apresentar garantias, comprovar capacidade de pagamento e estar em dia com os compromissos fiscais.

5.3 O AMBIENTE ECONÔMICO E SOCIAL DO PROJETO

O município de Lamim localiza-se na Zona da Mata Mineira, a 160 Km da capital Belo Horizonte³³. Da mesma maneira que muitos outros municípios mineiros, Lamim, também, surgiu durante o período em que a mineração era o centro da economia. Foi fundada por portugueses em 1710. Passou a Distrito do novo município de Rio Espera, em 1938, e pela Lei Estadual nº 2764, de 30/12/62, foi elevado à categoria de município, instalado em 01/03/1963.

O município apresenta um território de 116,16 Km², área considerada pequena para os padrões nacionais. Seu território é cortado pelo rio Piranga e pelo ribeirão do Lamim, afluentes da bacia do rio Doce. Sua posição geográfica o situa numa área fronteira entre três regiões de Minas: Mata, Central e Campo das Vertentes. Esta localização faz com que o município receba influência das principais cidades de cada região.

Está localizado na mesorregião Zona da Mata mineira, uma das doze mesorregiões de Minas Gerais, formada por 142 municípios agrupados em sete microrregiões, porção Sudeste do Estado, próxima à divisa dos Estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Lamim integra a microrregião de Viçosa, pertencente à sub bacia hidrográfica do rio Piranga.

³²**BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.** Disponível em <https://www.cartaobndes.gov.br/cartaobndes/>. Acesso em 09/04/2018.

³³**LAMIM Site Oficial.** Disponível em <http://lamim.mg.gov.br/>. Acesso em 9 de abril de 2018

MICRORREGIÕES DA ZONA DA MATA DE MG

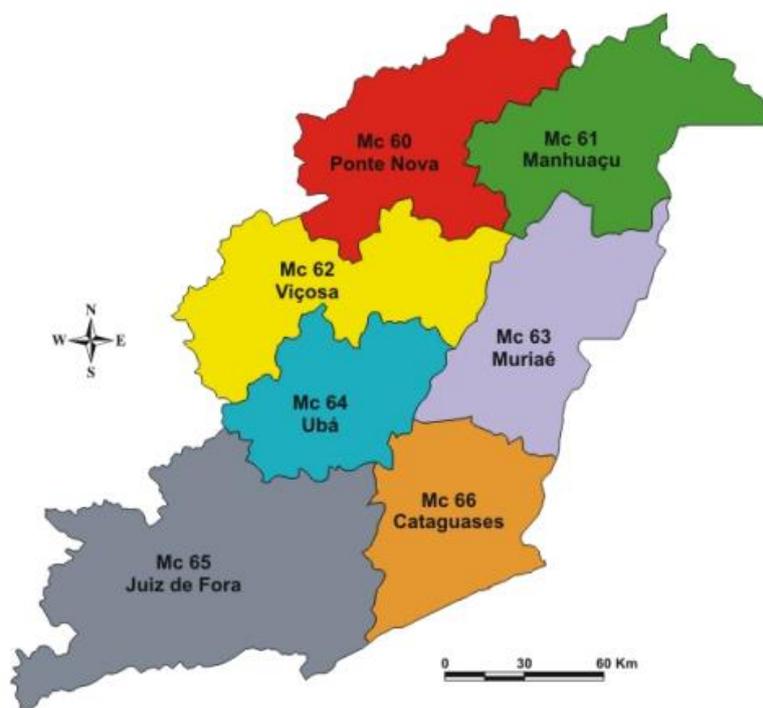


FIGURA35: MICRORREGIÕES DA ZONA DA MATA MG
Fonte: IBGE, Op. Cit.

Na economia da Zona da Mata, destacam-se as indústrias, a bovinocultura de leite e plantações de cana-de-açúcar, café, milho e feijão. A região é servida por importantes rodovias federais, tais como BR-040, BR-116, BR-262, BR-267 e BR-482. A região, também, é cortada pelas antigas ferrovias Central do Brasil e E. F. Leopoldina, hoje integrantes da concessionária Ferrovia Centro Atlântica, porém com a maior parte das operações desativadas.

A Zona da Mata de Minas Gerais ocupa uma área correspondente a 6,1% da superfície do Estado, com uma população de 2.017.728 habitantes (IBGE, Censo 2000), distribuída por 142 municípios, dos quais 70,23% com menos de 10.000 habitantes. A região apresenta elevado grau de urbanização, muito mais em função do êxodo rural do que do crescimento vegetativo das cidades. Atualmente, com uma economia equivalente a 8,28% do PIB estadual, a Zona da Mata apresenta baixa renda per capita e desempenho econômico muito aquém de suas potencialidades regionais. Soma-se a isso, o processo de estagnação econômica, decréscimo populacional e rebaixamento do índice de qualidade de vida, exacerbando ainda mais, os desequilíbrios espaciais intra-regionais³⁴

³⁴NETTO, Marcos Mergarejo e A. M. A. Diniz: "Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina – 20 a 26 de março de 2005 – Universidade de São Paulo. Disponível em <http://docplayer.com.br/3424236-Anais-do-x-encontro-de-geografos-da-america-latina-20-a-26-de-marco-de-2005-universidade-de-sao-paulo.html>. Acesso em 06/04/2017.

No que diz respeito a Lamim, trata-se de localidade que, a despeito de importantes ganhos em termos de desenvolvimento humano refletidos em seu IDH - Índice de Desenvolvimento Humano - segue integrando o contingente de áreas consideradas como de menor desenvolvimento³⁵. Os critérios de desempenho seguem os intervalos definidos pelas faixas a seguir³⁶:

Faixas de desenvolvimento humano



FIGURA36: IDH - FAIXAS DE DESENVOLVIMENTO HUMANO

Fonte: DEEPASK, Op. Cit.

A evolução do IDH total de Lamim, assim como seus dois principais componentes de interesse deste estudo - IDH educação e IDH renda - e sua posição relativa em relação ao estado de Minas Gerais e ao Brasil são apresentados nas Tabelas 17 a 19, a seguir.

TABELA17 - LAMIM - IDH TOTAL

ANOS	LAMIM	POSIÇÃO RELATIVA	
		MG	BRASIL
1991	0,352	581	3244
2000	0,496	625	3279
2010	0,655	515	3008

Fonte: DEEPASK, Op. Cit.

TABELA18 - LAMIM - IDH EDUCAÇÃO

ANOS	LAMIM	POSIÇÃO RELATIVA	
		MG	BRASIL
1991	0,156	482	3004
2000	0,318	621	3223
2010	0,546	482	3078

FONTE: DEEPASK, Op. Cit.

³⁵Como referência para as Tabelas que seguem, cabe mencionar que no Brasil existem 5.570 municípios e em Minas Gerais 853.

³⁶DEEPASK. Disponível em <http://www.deepask.com/goes?page=Veja-evolucao-do-Indice-de-Desenvolvimento-Humano-no-Brasil>. Acesso em 12/04/2018.

TABELA19 - LAMIM - IDH RENDA

ANOS	LAMIM	POSIÇÃO RELATIVA	
		MG	BRASIL
1991	0,433	753	4207
2000	0,532	669	3600
2010	0,623	581	3279

Fonte: DEEPASK, Op. Cit.

Das tabelas supracitadas, infere-se que, a despeito de algum progresso nas duas décadas consideradas, Lamim encontra-se ainda na metade inferior de desenvolvimento humano com relação às hierarquias nacional e estadual. Os indicadores apontam para evolução - no IDH total e IDH educação - para progresso de muito baixo para baixo, enquanto o IDH renda evolui de muito baixo para médio.

Os dados exibidos na Tabela20³⁷ confirmam Lamim como uma localidade de nível de desenvolvimento inferior à média brasileira, sendo de se destacar sua renda per capita, próxima do terço nacional inferior. Note-se que este indicador refere-se a localidade inserida num dos Estados de melhores indicadores nacionais, ou seja, equipara Lamim às regiões mineiras mais pobres, ao Norte do Estado.

TABELA20 - LAMIM - INDICADORES SOCIAIS 2016

Nº DE MUNICÍPIOS		PAÍS	ESTADO	MICROR-REGIÃO
		5.570	853	20
DISCRIMINAÇÃO	VALOR	POSIÇÃO RELATIVA		
População 2017	3.498			
População 2010	3.452	4.899	751	19
Salário médio mensal	1,6 sal. mínimo	4.523	506	8
Pessoas ocupadas	363 (10,3%)			
PIB per capita	R\$ 9.356,13	3.872	626	9
Mortalidade Infantil (óbitos por 1000 nascidos vivos)	32,26	371	69	3
Esgotamento Sanitário Adequado (% de domicílios)	28,8	3.173	731	20
Lavouras Permanentes (ha)	20			
Lavouras Temporárias (ha)	827			

Fonte: IBGE Cidades, Op. Cit.

³⁷IBGE Cidades: disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/lamim/panorama>. Acesso em 09/04/2018

Na visita de campo efetuada a Lamim entre 16 e 18 de abril 2018, em contato com técnicos da EMATER e da Prefeitura Municipal, foi comentado que no município praticamente não existe propriedade agrícola "solteira", ou seja, dedicada a uma única atividade silvi-agro-pecuária.

Segundo o CAFIR³⁸ - Cadastro de Imóveis Rurais, o município apresenta uma predominância de pequenas propriedades (menores que 50 ha), com uma única propriedade que se poderia considerar como de porte médio (entre 200 e 500 ha).

TABELA21 - LAMIM - ESTRUTURA FUNDIÁRIA

STATUS DO IMÓVEL	FAIXAS DE ÁREA				TOTAL POR STATUS
	>0<50	50<200	200<500	>500	
Ativo	555	42	1	0	598
Pendente	0	0	0	0	0
Cancelado	57	7	0	0	66
TOTAL POR FAIXA	612	49	1	0	664

Fonte: CAFIR - Op. Cit., dados de 2016

Com o objetivo de complementar as informações disponíveis nas estatísticas oficiais e publicações, a Consultoria procedeu a pesquisa de campo entrevistando produtores e técnicos afeitos à realidade regional³⁹. Os principais complementos aos dados obtidos com as entrevistas foram:

- Todos os produtores contatados exploram propriedades com área inferior a 100 ha;
- Nenhum dos produtores tem a produção de carvão como atividade exclusiva, sendo mesmo que alguns a têm como "complemento de renda";
- Todos os produtores têm alguma bovinocultura (principalmente leiteira) e pecuária de pequenos animais juntamente com lavoura de subsistência;

³⁸CAFIR - Cadastro de Imóveis Rurais. Disponível em http://www.cadastrorural.gov.br/estatisticas/cafir-cadastro-de-imoveis-rurais/copy2_of_total-de-imoveis-ativos-no-cadastro-de-imoveis-rurais-cafir-da-rfb-sao-7-442.515. Acesso em 23/04/2018.

³⁹OBSERVAÇÃO: As entrevistas com produtores foram realizadas com 5 pré-selecionados para a implantação em suas terras do projeto piloto, não se constituindo em amostra significativo ponto de vista estatístico. Trata-se, entretanto, de pessoal com experiência no setor e - percepção da Consultoria - atento à realidade de sua atividade.

- Alguns produtores consideram sua floresta plantada como "uma caderneta de poupança", produzindo carvão apenas quando outras atividades são insuficientes para sua manutenção;
- Nenhum entrevistado tem mais que 20 fornos operacionais;
- No geral plantam com semente própria, poucos utilizando material clonado;
- No geral, têm plantado muito pouco, havendo mesmo um produtor que, prestador de serviço de plantio, foi contratado para matar áreas de eucalipto durante a crise, para abrir pastagem;
- Visualmente, a região é extremamente acidentada, dificultando sobremaneira a mecanização das operações de corte e transporte;
- Essa característica orográfica também se constitui em inibidor de lavoura - principalmente de grãos - mais tecnificada;
- Um produtor dispõe de um trator, e outro de um mini-trator para o carregamento da madeira até os fornos;
- Apenas um produtor financiou equipamento, todos os demais alegaram trabalhar com recursos próprios;
- De um modo geral, um único trabalhador (usualmente, o próprio proprietário) cuida de toda a operação, contando eventualmente com alguma ajuda de integrantes da família;
- Constatação disseminada entre os entrevistados de dificuldade em obter mão de obra adicional para a atividade carvoeira;
- Apenas um produtor entrevistado informou ter plantado durante a crise (últimos 5 anos);
- A EMATER é vista como atendendo plenamente às necessidades dos produtores;
- A Prefeitura Municipal atende de forma satisfatória principalmente no que se refere à manutenção de vias vicinais;
- Alegam não dispor de qualquer apoio dos demais agentes governamentais: consideram-nos como "preocupados apenas com a arrecadação";
- Em função do combate à utilização de matas nativas, a emissão de autorização de corte é, em geral, inferior à produtividade efetiva da área, fazendo com que mais de uma autorização seja necessária para operação completa;
- Não são oferecidos cursos e outros instrumentos de capacitação tecnológica na área, sendo que o único entrevistado que participou de treinamento o fez indo à UFV.

Uma evidência empírica dos aspectos acima comentados é a evolução do rebanho bovino, que entre 2010 e 2017 cresceu a uma taxa de 4% a.a., segundo o IBGE:

TABELA22 - LAMIM - EVOLUÇÃO DO REBANHO BOVINO (ANIMAIS)

ANOS	REBANHO BOVINO
2010	1.494
2011	1.894
2012	2.038
2013	2.209
2014	2.055
2015	2.678
2016	2.604

FONTE: IBGE Cidades (Op. Cit.)

A expansão da área plantada na década passada, em razão do bom preço do carvão naquela ocasião, conjugada com a redução na oferta de mão de obra e no preço do carvão nos últimos anos, contribuíram para o surgimento de parcerias onde o proprietário do terreno entrega ao meeiro a floresta já no ponto de corte e os fornos. Cabe ao meeiro o corte, transporte até o forno, o carvoejamento incluindo a retirada do carvão do forno. A renda é dividida em partes iguais. O fato de parte da produção ocorrer através de parcerias reforça a importância social da atividade para o município, como grande geradora de ocupação produtiva num quadro de escassez de oportunidades.

A produção de carvão na região é feita exclusivamente através de fornos de encosta com capacidade aproximada de 13 m³ de lenha que se convertem, em média, em 7 m³ de carvão, sendo que nenhum forno - salvo o protótipo em atividade - dispõe de algum dispositivo para redução na emissão de poluentes.

Em razão da topografia acidentada do município, todas as florestas estão localizadas em áreas de morro, sendo as poucas áreas planas destinadas primordialmente à produção de grãos, agricultura de subsistência e implantação de infraestruturas. Para facilitar o transporte da lenha, obviamente, os fornos são construídos na base das encostas, local onde, também, são fixadas as residências dos produtores devido à possibilidade de acesso à água.

Cabe aqui observar o efeito nocivo da emissão de gases nas proximidades das residências, aspecto que seria minimizado com a tecnologia proposta no projeto.

Outro aspecto a considerar diz respeito à comercialização da produção da área.

Como foi caracterizado, a oferta de carvão em Lamim é extremamente pulverizada, não sendo possível estabelecer qualquer tipo de concentração do produto que permita inferências sobre uma oferta com especificações próprias. Na pesquisa de campo, foi identificada apenas uma propriedade (fora do Município, cujo proprietário não integrou a pesquisa) com um contrato de longo



prazo com uma siderúrgica da região, com quantidades e preços estabelecidos. Toda a comercialização restante é efetivada num mercado "spot", onde o produtor comercializa sua mercadoria CIF junto às siderúrgicas e metalúrgicas predominantemente num raio de até 400km.

Cabe mencionar que, em sua maioria, os demandantes são, principalmente, os produtores independentes de gusa, sendo a maioria das siderúrgicas da região produtores integrados - consumidores de carvão próprio, como analisado em documento do Projeto BRA/14/G31 por Raad⁴⁰.

Além do problema ambiental com o lançamento de poluentes na atmosfera, a pesquisa de campo comprovou que a concentração de residências e praças de carbonização em áreas em comum vem acarretando problemas respiratórios por se tratar de uma quantidade expressiva de fornos em um território relativamente pequeno.

Nesse cenário de luta mundial contra a poluição, o aquecimento global e a exposição aos agentes nocivos à saúde, a adoção de medidas visando a redução das emissões dos fornos e os seus efeitos deletérios torna-se urgente.

⁴⁰**RAAD, Túlio Jardim:** "Cadeias Produtivas do Carvão Vegetal para uso no setor de ferro-gusa, aço e ferroligas no Brasil". Projeto BRA/14/G31 – Produção de Carvão Vegetal de Biomassa Renovável para a Indústria Siderúrgica no Brasil, Fevereiro de 2018. Uso restrito.

5.5. LOGÍSTICA

Lamim beneficia-se da extensa malha rodoviária do estado de Minas Gerais, conectando-se para o Norte e para o Oeste pela BR 482, para o Leste pela MG 124 e para o Sul pela MG 132, como pode ser visualizado na Figura 37 a seguir.

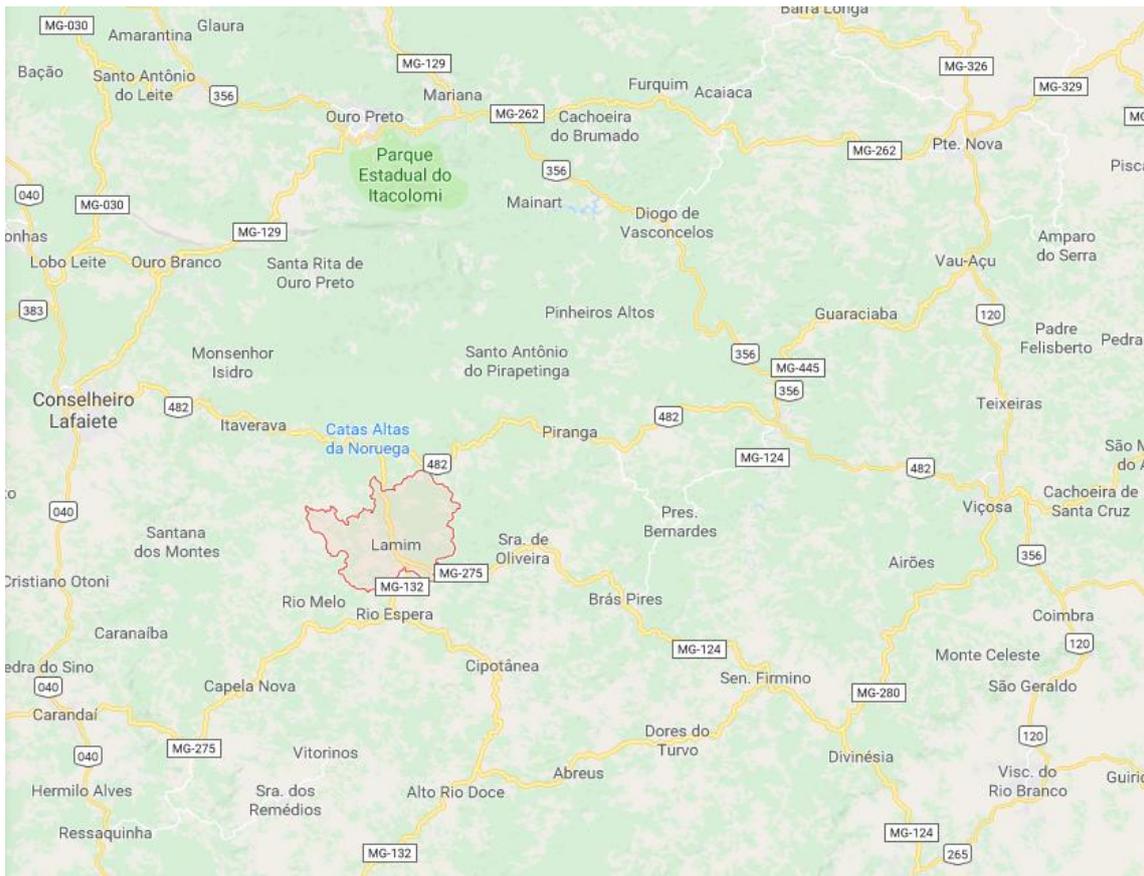


FIGURA37: ENTORNO DE LAMIM - MAPA VIÁRIO
FONTE: GOOGLE Maps.

Importante, entretanto, mencionar que as rodovias troncais que atendem Lamim classificam-se de regular a ruim⁴¹. O acesso a Belo Horizonte, em cujas imediações localizam-se alguns importantes consumidores de carvão, pelo Norte (via Ponte Nova) apresenta trechos entre regular e ruim, sendo que o mesmo acesso pelo Sul (via Viçosa) apresenta trechos péssimo e ruim (Figura38, a seguir).

As outras vias de acesso a outros demandantes do carvão, embora não mapeadas pela Pesquisa CNT, não apresentam condição diferenciada.

⁴¹CNT - Confederação Nacional dos Transportes; "Pesquisa CNT de rodovias 2017". Disponível em <http://pesquisarodovias.cnt.org.br/Paginas/mapa-por-regiao-uf>. Acesso em 12/04/2018.

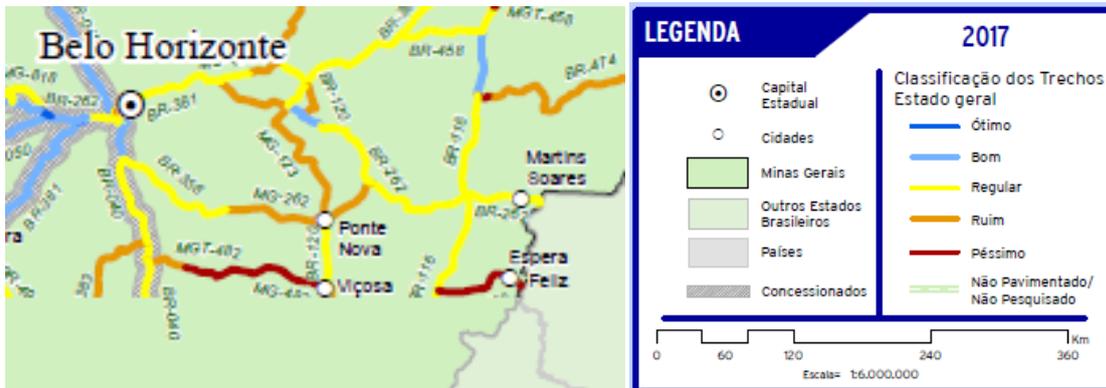


FIGURA38: LAMIM - ACESSOS - CONDIÇÃO DAS ESTRADAS
 FONTE: CNT - Op. Cit.

Finalmente, há que se mencionar que as rodovias vicinais de acesso às propriedades - todas sem pavimentação - encontram-se em precário estado de conservação, podendo ser classificadas como "péssimas".

Outro modal possível de carrear carvão seria o ferroviário. A região já foi cortada por ferrovia, ligando Ubá - Ponte Nova - Itabirito, como pode ser visualizado na Figura 39⁴², porém o ramal encontra-se desativado e não consta dos planos de recuperação a que a Consultoria teve acesso. Ademais, do ponto de vista específico deste projeto, a pulverização da oferta não constitui carga tipicamente ferroviável, a qual se caracteriza por grandes volumes de carga uniforme carreados a distâncias superiores a 500km.

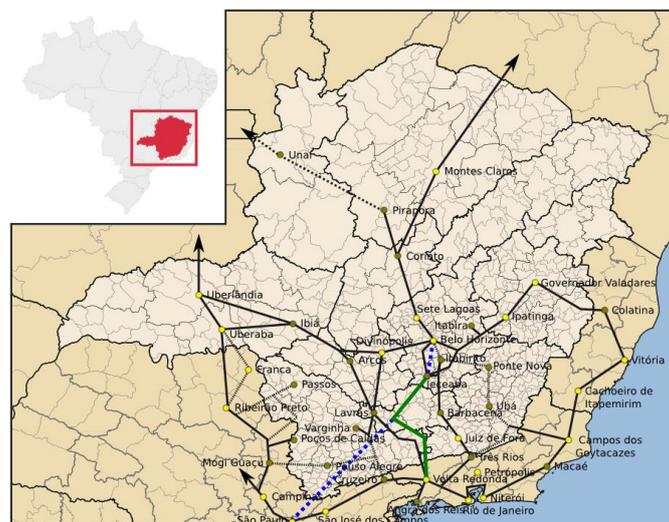


FIGURA39: MINAS GERAIS - MALHA FERROVIÁRIA
 FONTE: Ferrovia do Aço - Op. Cit.

⁴²:**FERROVIA DO AÇO**. Disponível em https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fb/Mapa_Ferrovia_do_Aco.png. Acesso em 12/04/2018.

5.6. ANÁLISE CRÍTICA

Do exposto neste Capítulo, nota-se algum grau de dificuldade para uma expansão vigorosa da produção de carvão em Lamim. Os principais argumentos para o pessimismo podem ser a seguir listados:

- Trata-se de localidade de orografia pouco favorável a uma produção madeireira em larga escala;
- A tradição local é considerar o carvão como produto secundário da propriedade, destinado apenas ao aproveitamento de reflorestamento praticado em áreas com perfil de difícil utilização para outras finalidades;
- A tendência do mercado é a produção integrada por parte do setor siderúrgico;
- A pouca competitividade em custos com relação ao coque;
- A dificuldade de mercado para sub-produtos, como a "munha" (finos de carvão);
- Perspectivas pouco favoráveis do mercado mundial de siderúrgicos.

Por outro lado, como aspectos positivos, podem-se listar:

- A falta de alternativa ao uso das terras dedicadas ao reflorestamento;
- A tendência mundial de valorizar o "produto verde";
- Os compromissos assumidos pelo Brasil no Acordo de Paris.

Cabe, entretanto, um comentário complementar.

Segundo todos os entrevistados, a "munha" (finos de carvão, residual no processo de queima) é descartada. Um informante, entretanto, mencionou que na região atua um comprador de "munha" para confeccionar briquetes, porém o faz a partir de sobras de carvão para empacotamento, na medida em que o produto não pode conter terra ou outras impurezas. Compra a R\$ 30 o metro, o que corresponde a aproximadamente R\$ 200/kg. Embora o informante afirme que a operação não é compensadora financeiramente pelo alto custo do maquinário para briquetar e empacotar, cabe alguma análise complementar quanto à perspectiva de aproveitamento desse subproduto.

6 O PRODUTO

6.1 PROCESSO DE CARBONIZAÇÃO E O FORNO-FORNALHA DA UFV

Embora nos últimos anos muitas pesquisas tenham sido desenvolvidas para melhorar as qualidades da madeira (densidade básica, composição química), grande parte da produção de carvão vegetal brasileira ainda ocorre em fornos de baixo rendimento gravimétrico e com emissões de gases poluentes⁴³ e gases de efeito estufa. Por esse motivo várias instituições de pesquisa e universidades brasileiras desenvolveram trabalhos de pesquisa melhorando rendimento gravimétrico e reduzindo emissões. No entanto, sofisticar muito o processo de carbonização, encarecendo-o, significaria impedir a sua adoção por pequenos produtores, onde se concentra uma grande parte da produção. Destacou-se entre essas pesquisas com pequenos fornos os trabalhos desenvolvidos na Universidade de Viçosa identificados como processo forno-fornalha.

Os processos produtivos de carvão vegetal evoluíram significativamente nos últimos anos, tanto na engenharia construtiva como nos sistemas de controle da carbonização. Entretanto, segundo Brito 2010 citado por Oliveira (Op. Cit.), 60% do carvão produzido ainda emprega fornos rudimentares de superfície, denominados popularmente de forno "rabo quente". Ainda, 10 % da produção de carvão utiliza fornos de superfície cilíndricos, 20 % emprega fornos retangulares de maior porte e 10 % outros processos diversos. Portanto, a grande maioria emprega processos subjetivos de controle da carbonização, tanto pela observação da cor da fumaça expelida, como pela sensibilidade da temperatura externa da parede do forno obtida pelo tato.

Os pequenos e médios produtores, que - na avaliação dos consultores correspondem a 80% da produção de carvão - optam por fornos de baixa capacidade volumétrica. Devido ao elevado custo em maquinário na mecanização, esta só se encontra no processo em fornos maiores, que exigem elevado investimento inicial, tanto na construção dos fornos - maiores e mais sofisticados - como pela necessidade de equipamentos.

Segundo Oliveira, os pequenos produtores utilizam fornos de diferentes formatos, destacando-se os tipos "rabo quente", superfície e encosta. Os tamanhos e formatos variáveis fazem que o processo seja irregular, de baixo rendimento e dependente totalmente da experiência do operador, devido à inexistência de equipamentos de medição ou supervisão das variáveis de operação dos fornos, principalmente a temperatura.

⁴³OLIVEIRA, Aylson Costa, Sistema Forno-Fornalha para Produção de Carvão Vegetal, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa. 2012.

6.1.1 Fornos de encosta ou barranco

Os fornos de encosta são bastante utilizados em regiões acidentadas do estado de Minas Gerais. São os fornos construídos pelos pequenos produtores na Região de Lamim. Utilizam o desnível do terreno, apoiando a cúpula abobadada no próprio terreno, economizando em material construtivo. As paredes do forno são o próprio barranco. Possuem 3 a 4 m de diâmetro e 2,5 a 2,8 m de altura, de 1 a 3 chaminés. Seu rendimento gravimétrico pode atingir até 32 %, pelo melhor isolamento térmico proporcionado pelo próprio terreno. O controle da carbonização se dá exclusivamente pela cor da fumaça expelida pelas chaminés e tende a ser diferente pela evolução desigual da carbonização. Carneiro (2011) citado por Oliveira (Op. Cit.), estimou o preço dos fornos de encosta em R\$ 77,81/m³. Isso totaliza um preço por forno de $77,81 \times 13 = \text{R\$ } 1.011,73$.



FIGURA40: FORNO DE ENCOSTA OU BARRANCO, EM MINAS GERAIS.

Fonte: Acervo Pessoal Waldir Quirino.

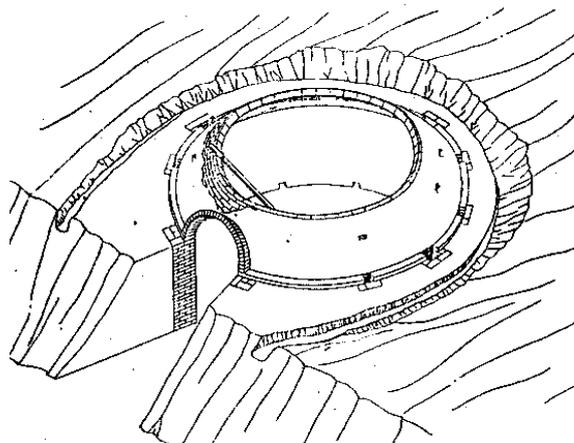


FIGURA41: ESQUEMA ILUSTRATIVO DA CONSTRUÇÃO DO FORNO DE BARRANCO DE MINAS GERAIS, COM UM CORTE NA CÚPULA
Fonte: Acervo Pessoal Waldir Quirino.

O levantamento efetuado pela CP Empreendimentos em abril de 2018, entrevistando 5 pequenos produtores de carvão e técnicos da EMATER local, encontrou o valor médio para fornos de barranco de R\$ 1.000,00 por forno, investidos em materiais e mão de obra.

6.1.2 Fornos de superfície e "rabo quente"

Os fornos de superfície são construídos inteiramente em tijolos maciços comuns de argila. São chamados de forno de superfície (ou meda) porque todo o corpo do forno fica acima da superfície, diferentemente de fornos ancestrais que utilizavam buracos ou valas no solo. A Figura42 mostra um forno rabo quente construído demonstrativamente pelo CETEC MG, no início da década de 1980 para incentivar boas técnicas construtivas. Existem variações atualmente, mas, a característica principal é a ausência de chaminé e as aberturas na base e no corpo do forno.



FIGURA42: FORNO "RABO QUENTE" DEMONSTRATIVO CONSTRUÍDO PELO CETEC MG EM 1982
 Fonte: Acervo Pessoal Waldir Quirino.

Os fornos de superfície e os fornos "rabo quente" mais elementares e tradicionais na produção de carvão possuem aberturas na base do forno, chamadas de tatus, que servem para acesso do ar (oxigênio), que possibilita a combustão parcial da lenha. No corpo do forno existem várias pequenas aberturas, denominadas "baianas", para saída da fumaça e controle visual da evolução da carbonização.

Os fornos denominados de superfície são semelhantes ao "rabo quente" contando com uma chaminé lateral com tiragem inferior central que melhora o fluxo de gases no interior do forno, tornando a carbonização um pouco mais homogênea. O diâmetro varia de 3 a 8 m. A altura varia de 2,3 a 5 m. As aberturas para acesso do ar encontram-se distribuídas em todo o diâmetro da parede e cúpula, permitindo um controle visual da evolução da carbonização.

O forno de superfície apresenta rendimento gravimétrico variável de 28 a 34 % e preço de R\$ 120,25/m³. Neste trabalho adotou-se o mesmo valor levantado em trabalhos desenvolvidos pela UFV. A UFV utiliza o forno de superfície mais comum utilizada na carbonização, como modelo para construir sua proposta de sistema com queima de gases. Assim aproveitaria a experiência já existente entre pequenos produtores. Neste EVTE adotou-se o diâmetro de 3m com volume interno e altura semelhante ao sistema forno-fornalha UFV. Naturalmente neste sistema não existe uma chaminé junto ao forno e sim uma chaminé central para quatro fornos

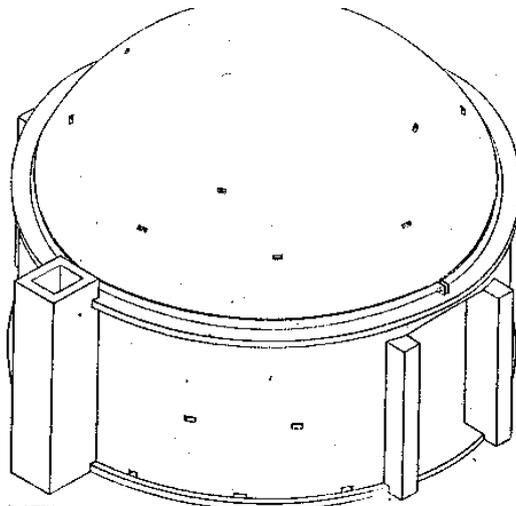


FIGURA 43: ILUSTRAÇÃO DE UM FORNO DE SUPERFÍCIE COM CHAMINÉ LATERAL
Fonte: Acervo Pessoal Waldir Quirino.

O forno de superfície com fornalha externa é uma evolução do forno de superfície. A fornalha externa tem a função de gerar calor extra para carbonização dependendo menos da própria combustão da lenha carbonizada. O calor da fornalha é gerado pela queima de resíduos como cascas e galhos finos e atijos (lenha semi-carbonizada) de outras carbonizações anteriores. Esse calor extra favorece o rendimento gravimétrico.

Na prática, esse forno não demonstrou grande aceitação por efetivamente não produzir rendimento gravimétrico significativo e foi muito pouco utilizado.



FIGURA 44: FORNO DE CÂMARA EXTERNA BATERIA EXPERIMENTAL DA UNB NO DF
Fonte: Acervo Pessoal Waldir Quirino.

O forno JG é uma variável do forno de superfície, desenvolvido pelo engenheiro florestal Jose Gonçalves. Possui uma chaminé lateral e uma a duas portas para carga e descarga manuais de madeira e carvão e uma cinta metálica externa a parede para aumentar a vida útil do forno. Segundo Oliveira (Op. Cit.), é o forno mais difundido utilizado por pequenos e médios produtores. O seu diâmetro é de 3 m e a altura é de 2,3 m, com custo estimado de RS 212,21/m³.

Visando desenvolver maior capacidade de produção de carvão vegetal e de melhor qualidade, os grandes produtores (usinas integradas) desenvolveram fornos retangulares de até 700 st de lenha com operações de carregamento e descarregamento mecanizadas. Também foi pensada a possibilidade de recuperação ou queima dos gases emitidos, com controle do acesso de ar (oxigênio). O rendimento gravimétrico desses fornos é de 30 a 35 % e o ciclo de carbonização completo dura em média 12 dias, sendo adotado também o monitoramento da temperatura interna com termômetros e termopares.



FIGURA45: FORNOS RETANGULARES EMPREGADOS PELOS GRANDES PRODUTORES INTEGRADOS

Fonte: Sampaio et ali 2007.

6.1.3 Sistema de carbonização forno/fornalha desenvolvido pela Universidade de Viçosa

Segundo Oliveira (Op. Cit.), o início das pesquisas na UFV com fornos de carbonização com fornalha para queima dos gases emitidos, se deu com o forno MF1-UFV (Figura46). Esse forno foi construído com formato retangular e com capacidade de 10 st de lenha. Esse forno possuía pilares e vigas de concreto para reforço da estrutura sujeita a pressão elevada de gases (Cardoso 2010, citado por Oliveira - Op. Cit.). O forno MF1-UFV, segundo os mesmos autores apresenta rendimento gravimétrico de 29 % e atíços e finos de carvão inferior a 4 %. Observou-se que a emissão de metano (CH₄) e de monóxido de carbono (CO) foi reduzida em 94% e 97% respectivamente. O custo médio de construção do forno e da fornalha foi de R\$ 1700,00 e R\$ 1800,00 respectivamente.



FIGURA 46: MAQUETE COM PROPOSTA DE CARVOARIA COM FORNO – FORNALHA MF1 – UFV – MG
Fonte: Acervo Pessoal Waldir Quirino.

Os fornos com fornalhas acopladas permitem a degradação térmica dos gases poluentes emitidos durante a carbonização. As fornalhas são dispositivos construídos visando a melhor combustão de um determinado tipo de combustível. Os gases da carbonização da madeira podem ser incinerados dentro destas fornalhas gerando calor que inclusive poderia ser aproveitado.



FIGURA 47: SISTEMA FORNO FORNALHA UFV- COM QUATRO FORNOS E UMA FORNALHA CENTRAL COM CHAMINÉ – POÇOS DE LEITURA DA TEMPERATURA NA UNIDADE DEMONSTRATIVA DE LAMIM

Fonte: Acervo Pessoal Waldir Quirino.

Essa inceneração dos gases da carbonização compostos por inúmeros hidrocarbonetos e diferentes ácidos muitos cancerígenos, permitem a redução até 97% de agentes nocivos ao meio ambiente e ao ser humano e animais.

Segundo Oliveira (Op. Cit.), as fornalhas para queima de combustível gasoso como o gerado na carbonização da madeira não necessitam de grelha sendo a câmara de combustão dimensionada em função do volume de gases gerados permitindo a oxidação completa dos gases.

Outro aspecto a ser considerado, na construção da câmara de combustão, é a natureza dos materiais empregados. As temperaturas podem variar de 650 a 1150°C. Assim, para aumentar a durabilidade das fornalhas e reduzir perdas térmicas, podem-se empregar materiais isolantes ou tijolos e argamassa refratária.

Nos fornos rudimentares de carbonização e até em fornos retangulares maiores, a carbonização é controlada de maneira empírica, apenas pela experiência do operador do forno. No caso dos fornos com fornalha, a carbonização deve ser controlada por aparelhos que permitem o acompanhamento da temperatura interna (pirômetro), aumentando a eficiência do processo (rendimento gravimétrico) e a qualidade do carvão produzido (aumento do teor de carbono fixo). Oliveira (Op. Cit.), conclui que, fazendo o controle de temperatura interna dos fornos, pode evitar alterações indesejáveis da temperatura. Geralmente, esta variação indesejada é produzida por entradas de ar através de rachaduras na parede do forno.

Segundo vários autores (Arruda 2011, Oliveira 2009, citados por Oliveira (Op. Cit.), o monitoramento da temperatura interna dos fornos através de pirômetros, sensores de infravermelho portáteis, proporciona possibilidade de gerenciar melhor o processo de carbonização e do resfriamento permitindo ganhos representativos no rendimento gravimétrico. Esse tipo de sensor de temperatura está sendo utilizado pelo seu menor custo e maior facilidade de operação, sem peças móveis, tais como termopares de termômetros de resistência diferencial.

Segundo Raad (Op. Cit.), existem diferentes tipos de periféricos para controle da temperatura do processo de carbonização, desenvolvidos pelas próprias empresas do setor siderúrgico ou disponíveis no mercado para aquisição ou aluguel. Os sistemas possuem diferentes características e capacidades de controle do processo. Podem ser caracterizados como:

- sistemas que utilizam pirômetros óticos, que medem a radiação emitida pelas paredes dos fornos para obtenção de modelos padronizados de controle;
- sistemas com termopares fixos, que medem a temperatura em pontos estratégicos dos fornos e que também são associados a um padrão operacional pré-estabelecido;
- sistemas que coletam a temperatura do interior do forno, via tubo de inspeção, também utilizando o pirômetro ótico, porém com capacidade de armazenamento de dados, que são posteriormente tratados em programa específico associado a um modelamento matemático do processo de secagem e carbonização;
- sistemas dotados de termopares e transmissão de dados, via ondas de rádio e/ou fibra ótica, associados a um comando supervisorio central, que faz o tratamento das informações em programa específico.

Calcula-se que 20% das empresas pertencentes à cadeia de produção de carvão vegetal, que usam forno de alvenaria, adotem algum tipo de sistema periférico para controle da temperatura do processo de carbonização (CGEE, 2015, citado por Raad, Op. Cit.). Esse autor avalia que, o uso de sistema periférico para controle da temperatura do processo de carbonização, pode elevar o rendimento gravimétrico em até 33%. O uso de periféricos para controle da temperatura do processo de carbonização, em fornos de alvenaria, é comum aos produtores de aço, e adotado por alguns produtores de ferroligas. Já com relação aos produtores independentes de ferro-gusa, caracterizados pela produção independente de carvão vegetal, começa a utilização destes equipamentos para controle de temperatura.(Raad, Op. Cit.). Esse autor reconhece que existem restrições e barreiras de ordem cultural para a implantação de sistemas para controle da temperatura do processo de carbonização, notadamente em fornos de alvenaria do tipo circular, sem mecanização ou com mecanização parcial.

Essas restrições e barreiras estão ligadas ao fato de que a condução dos fornos circulares, sem mecanização ou com mecanização parcial, é feita pelos carbonizadores. Esses trabalhadores, em geral, não aceitam ou não acreditam em outras formas de produzir carvão vegetal, que não seja o controle visual e empírico do processo de carbonização (Raad, Op. Cit.).

Observa-se, de um modo geral, organização dos carbonizadores contra a entrada de novas práticas de produção de carvão vegetal, nas cadeias que utilizam fornos de alvenaria do tipo circular, sem mecanização ou com mecanização parcial (Raad, Op. Cit.). Esse aspecto se mostra bastante importante numa análise "SWOT".

Quanto ao sistema de carbonização objeto do atual estudo de EVTE, ou seja, sistema de carbonização forno-fornalha desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa – UFV, mostrou durante várias pesquisas, significativos ganhos de rendimento gravimétrico.

6.1.4 Aumento do rendimento com sistema de queima dos gases

Para uma produção brasileira de 4,5 milhões de toneladas/ano de carvão vegetal, estimando que 80% desta produção seja feita em fornos de alvenaria com baixo rendimento (26% em peso – rendimento gravimétrico). Uma elevação do rendimento para 32,5% (fornos UFV) significaria uma disponibilidade adicional de 234.000 t/ano de carvão vegetal utilizando a mesma quantidade de madeira. Além do grande ganho ambiental pelas emissões evitadas Os fornos com fornalha da UFV mostram experimentalmente que alcançam facilmente esse rendimento. Com possibilidade de atingir até 34% de rendimento gravimétrico. A fornalha com chaminé promove a queima dos gases e a chaminé favorece a exaustão dos gases internos do forno, acelerando a carbonização.

Vários fatores interferem no rendimento gravimétrico tanto a qualidade da lenha como na correta operação dos fornos. A lenha quanto mais homogênea e mais seca permite melhor rendimento. A lenha com maior densidade gera carvão de melhor qualidade. A umidade da madeira precisa ser evaporada antes de iniciar realmente a carbonização. Para essa evaporação é consumida uma parte da lenha. Quanto ao diâmetro, basta entender que a velocidade de propagação da carbonização na madeira é uma constante. Enquanto as peças de lenha fina terminam a carbonização as peças de lenha mais grossas continuam, transformando as peças mais finas em cinzas.

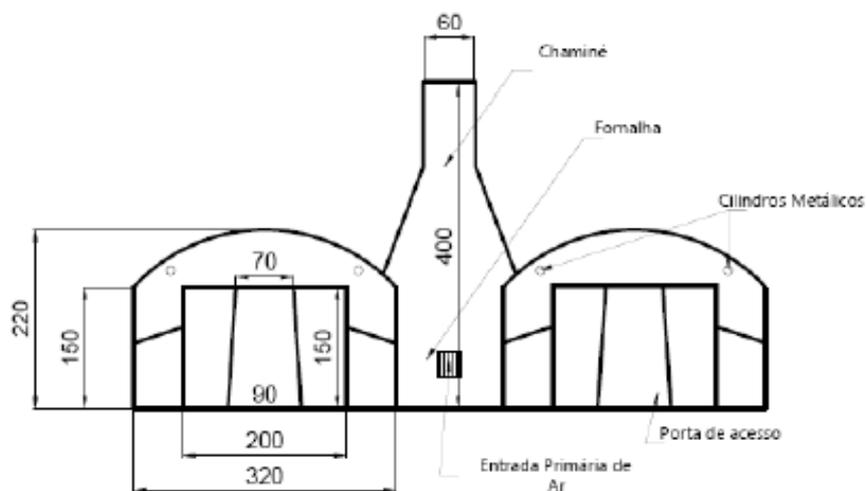
A correta operação do forno significa conhecer e administrar bem a carbonização com acompanhamento das temperaturas em seu interior. Isso é possível através da leitura das temperaturas pelos pirômetros em tubos de visita dispostos na parede do forno. Quando o forno atinge a temperatura indicada na receita de operação, pode-se interromper a carbonização. A operação incorreta afeta tanto a qualidade do carvão como o rendimento do

forno. Se a temperatura vai além da indicada na receita e por mais tempo, perde-se em rendimento. Se a temperatura fica abaixo e por tempo inferior à indicada, o carvão fica mal carbonizado, como consequência, produz-se madeira semi carbonizada e de baixo teor de carbono fixo (tiço).

Efetuada uma Análise de viabilidade técnica e econômica para o sistema de forno – fornalha UFV, Carneiro et al (Op. Cit.) concluiu que:

O sistema fornos-fornalha, mesmo apresentando maior custo com a construção dos fornos, dutos, fornalha e chaminé, apresentou maior viabilidade econômica que os fornos “rabo-quente”, gerando maior lucro ao produtor de carvão vegetal em todos os cenários propostos. Este mesmo sistema apresenta maior ganho técnico, devido ao maior rendimento gravimétrico, menor consumo de madeira, necessidade de menor número de fornos para uma mesma produção, além do controle da carbonização por temperatura através de sensores, ou seja, sem utilizar critérios subjetivos.

Nas Figuras 48, 49 E 50 estão ilustrados o projeto dos fornos – fornalha UFV



ESCALA 1:20

FIGURA 48: VISTA FRONTAL DO SISTEMA FORNO – FORNALHA UFV COM MEDIDAS EM CENTIMETROS
 Fonte: Costa 2012.

foi fixado a uma estaca no centro do forno. A construção da base foi executada de forma dobrada com argamassa de solo argiloso, areia lavada e água. Sobre a base foi construída a parede do forno em camada simples. Junto à porta foi reforçada com camada dupla de tijolos

Na base do forno foram deixadas seis aberturas importantes para entrada de ar e controle da carbonização. A porta do forno foi construída com auxílio de um gabarito de madeira. A porta possui a dimensão de 90 cm de largura por 170 cm de altura.

A parte superior da porta recebeu uma cantoneira metálica em formato "U" para suportar a parede superior e a cúpula. A extremidade superior da parede recebeu uma cinta metálica ligada com rosca e porca para reforço e receber a cúpula.

A fornalha foi construída em formato cilíndrico com diâmetro interno de 110 cm e 160 cm de altura. Uma abertura de 30 X 30 cm foi construída para entrada de ar e abastecimento de material combustível, conforme demonstrado na Figura 48. O volume da fornalha foi calculado para uma vazão média de gases de 2.800 m³ por hora. A parede da fornalha foi construída em camada dupla de tijolos com argamassa refratária e revestida internamente de manta cerâmica para resistir às altas temperaturas da queima dos gases.

A última camada de tijolos da fornalha foi reforçada com uma cinta metálica de 3/8 de polegada unida com roscas e porcas para resistir à expansão térmica pela combustão dos gases.

Os dutos para transporte dos gases interligando os fornos à fornalha foi construído com tijolos e argamassa idêntica à utilizada nos fornos. Seção de 40 X 40 cm. No duto, foi instalado uma guilhotina metálica para fechamento e abafamento do forno durante resfriamento.

Sobre a fornalha foi construída a chaminé com diâmetro interno de 160 cm e altura de 400 cm. Tanto a fornalha como a chaminé foram revestidas de manta refratária. As paredes externas dos dutos, da fornalha e chaminé receberam uma camada de argamassa refratária, para completar a vedação, reforçando o isolamento térmico e aumentando a durabilidade das mesmas.

As paredes do forno receberam quatro cilindros metálicos fechados na extremidade interna denominados poços para leitura da temperatura, distribuídos na altura de 60 cm do solo entre as entradas de ar da base e mais quatro cilindros na altura de 170 cm.

Para medir as temperaturas do forno, utilizou-se um sensor de infravermelho, pirômetro, com capacidade de medir temperaturas entre 30 e 550°C.

A Figura 51 demonstra os detalhes construtivos e as dimensões da fornalha e da chaminé apresentados por Donato 2017 em seu trabalho de pesquisa de Doutorado desenvolvido na UFV.

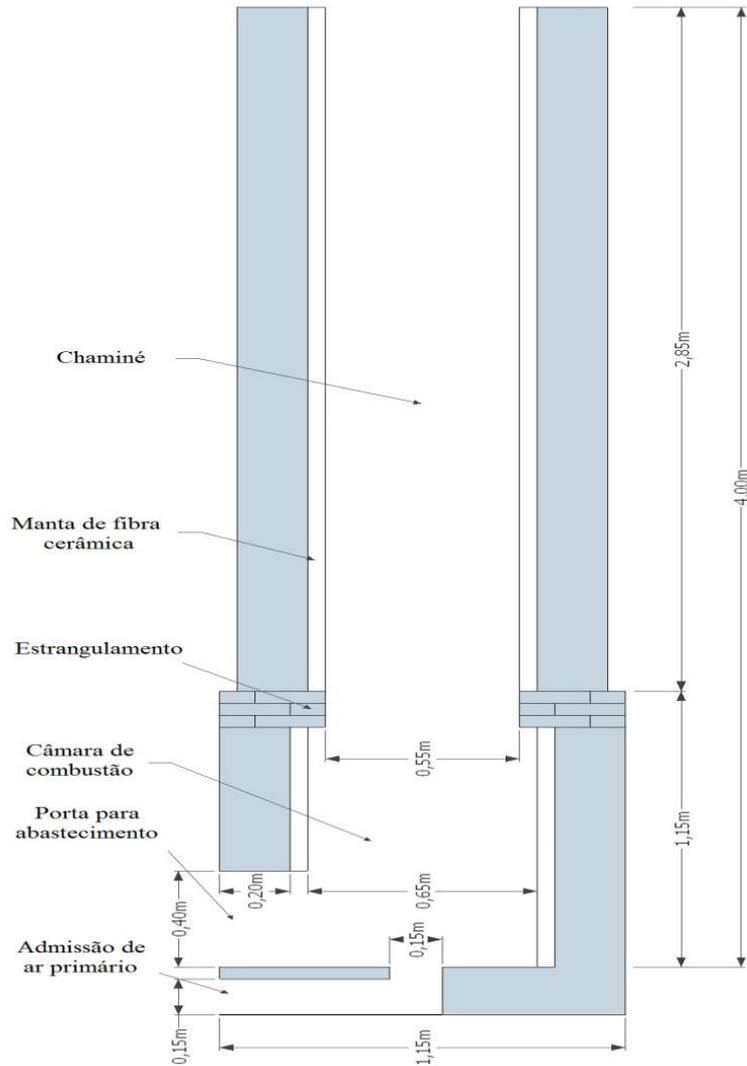


FIGURA 51: VISTA EM CORTE LATERAL COM DIMENSÕES DOS COMPONENTES DA FORNALHA
 Fonte: Donato 2017.

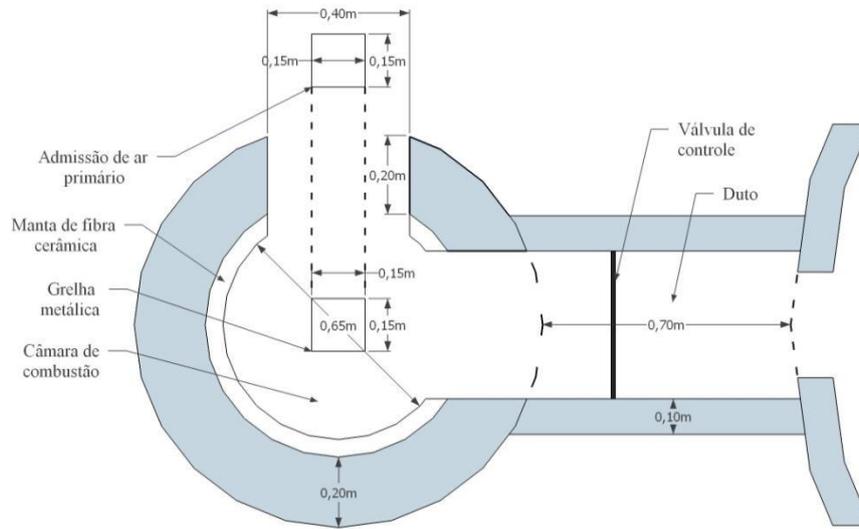


FIGURA 52: PLANTA BAIXA DA CÂMARA DE COMBUSTÃO E DUTO
 Fonte Donato 2017.

7 A VIABILIDADE ECONÔMICA

7.1 INTRODUÇÃO

Este Capítulo avaliará a viabilidade técnica, econômica e financeira da unidade demonstrativa de produção de carvão vegetal sustentável utilizando sistema forno-fornalha - modelo UFV, seguindo metodologias convencionais já consagradas na literatura.

Cabe mencionar que, embora usualmente integrem este capítulo da análise, dois temas não serão aqui tratados: mercado e tamanho.

Os aspectos relacionados ao mercado foram tratados no Capítulo 3, face sua complexidade e relevância para a contextualização geral do problema da produção de carvão a partir de florestas plantadas, notadamente no que diz respeito aos usos alternativos da madeira e, mais relevante, no que concerne às perspectivas futuras do setor.

Já a questão do tamanho ótimo não se aplica ao presente exercício: a análise se desenvolve pela apreciação da viabilidade técnico-econômica de um protótipo já implantado, não se cogitando - pelo menos neste estudo - de variações de porte no tamanho dos fornos projetados. Ademais, a escala de produção é modular: dá-se pela simples adição de novos conjuntos de forno-fornalhas, sem que este acréscimo signifique economias de escala significativas, razão de ser do estudo de "tamanho ótimo".

Vale, entretanto, salientar que a análise incorpora estudos já elaborados onde é possível a comparação dos custos e produtividade do protótipo sob escrutínio com outras tecnologias e escalas de produção. Comentários adicionais a este Tópico serão tecidos no Produto 3 desta Consultoria, o "Plano de Negócios".

7.2 LOCALIZAÇÃO

Dada a característica deste EVTE referir-se a uma unidade demonstrativa já implantada, a localização do empreendimento é dada, em Lamim - MG.

Os critérios utilizados para a definição da localidade onde instalar a unidade demonstrativa foram definidos em Relatório Técnico⁴⁴, seguindo metodologia similar a um "Método Delphi". Cumpre mencionar que, quando da elaboração do Produto 3 da Consultoria - Plano de Negócios - metodologia similar deverá

⁴⁴**CARNEIRO, Angélica de Cássia Oliveira:** "Unidades demonstrativas de produção sustentável de carvão vegetal - critérios de seleção da propriedade". Relatório Técnico 1. Projeto Unidade demonstrativa: Projeto BRA/14/G31 PIMS 4675 Siderurgia Sustentável, Fundo GEF/PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento). Universidade Federal de Viçosa, 21 julho de 2017



ser empregada no estabelecimento dos parâmetros a nortear a localização de novas unidades de produção.

Os critérios utilizados no caso em tela foram:

Critérios Obrigatórios (pré-qualificação para elegibilidade):

- Perfil do produtor na produção > ser pequeno ou médio produtor de carvão vegetal (produção de até 3.000m³ de carvão vegetal/mês);
- Localização preferencial: a propriedade deve estar localizada na Região da Zona da Mata de Minas Gerais;
- Demonstrar intenção de assinar o termo de compromisso e parceria com a UFV (em que conste o aceite da tecnologia proposta por parte do produtor, disponibilizar a propriedade para a realização do projeto, bem como permissão para a realização de eventos de capacitação de outros produtores; e, permitir a realização de coleta de dados e visita na área durante o período de vigência do projeto que será de 24 meses);
- Possuir fornos em funcionamento compatíveis com a região específica do projeto (seu sistema de produção deve ser representativo da região e se encaixar dentro da proposta técnica);
- Utilizar madeira oriunda de floresta plantada – na região, a predominância é a madeira de eucalipto;
- Não utilizar madeira nativa (seja de desmatamento ou madeira nativa legal);
- Não estar respondendo por processo judicial ou de conselho profissional devido à má atuação profissional, estelionato e/ou congêneres;
- Estar em conformidade ambiental e seguir as orientações do órgão ambiental local para implantação e colheita (autorizações, licenças, etc.);
- Não possuir parentesco com qualquer participante/pesquisador do projeto;
- Disponibilizar área mínima de 250 m² para o projeto (área plana).

Critérios pontuáveis - pontuação 1 a 5 (Pontuação para seleção entre os produtores elegíveis, ou seja, que cumpriram os critérios obrigatórios):

- Grau de liderança ou formador de opinião;
- Interesse do proprietário em inovar e disposto a ser o primeiro a adotar novas tecnologias;
- Ter mão de obra para colaborar com o projeto (enchimento e descarga do forno);



- Ter facilidade de relacionamento;
- Adequação física da propriedade para instalação da unidade demonstrativa (necessidade de terraplanagem ou outra adequação da propriedade);
- Ter bom acesso na propriedade (condições da estrada);
- Disponibilizar madeira para realização dos testes (aproximadamente 300 st);
- Fornecer, preferencialmente, madeira para utilização da UFV nas unidades demonstrativas (aprox. 300 st);
- Estar produzindo carvão vegetal atualmente;
- Residir preferencialmente na propriedade;
- Ter infraestrutura existente: luz, água, sanitários e alojamento;
- Possuir rede elétrica na propriedade a área dos fornos (necessidade de energia elétrica para os equipamentos de medição dos gases);
- Será um diferencial o número de anos de experiência do produtor com a produção de carvão vegetal.

Os critérios foram aplicados em 5 propriedades/proprietários pré-selecionadas na região de Lamim, sendo selecionado o produtor que apresentou maior pontuação.

7.3 PARÂMETROS GERAIS DA AVALIAÇÃO ECONÔMICA

Para a análise de viabilidade técnica e econômica da unidade demonstrativa de Lamim foram propostos três cenários, considerados como concorrentes diretos em função da tradição produtiva da região:

- (i) o sistema forno – fornalha UFV que compõe a unidade demonstrativa, para o qual já se dispõe de dados de custos, produção e rendimento gravimétrico;
- (ii) Forno de encosta tradicionalmente utilizado em regiões acidentadas de Minas Gerais, contemplando os pequenos produtores de carvão vegetal de Lamim;
- (iii) Forno de superfície ("rabo quente"), o mais utilizado por pequenos carvoeiros em Minas Gerais, majoritariamente nas regiões planas e de maior produção no estado.



O sistema forno – fornalha UFV já possui replicação no estado do Espírito Santo, sendo o produto voltado para o comércio varejista como carvão empacotado e não para siderurgia. A difusão feita pelo IDAF – Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo mostra um resultado econômico muito satisfatório para o pequeno produtor, apontando sinalização positiva para a ampliação das unidades de produção em atividade. Naturalmente, o preço de venda do carvão empacotado é significativamente superior ao do carvão para siderurgia, remunerando adequadamente os investimentos maiores (peneiramento e empacotamento).

7.3.1 Horizonte de Análise, Depreciação e Valor Residual

Foi estipulado um horizonte de análise de 10 (dez) anos para os EVTE's com a previsão de reinvestimentos quando a vida útil dos fornos for inferior a este prazo.

A vida útil dos fornos de encosta e de superfície é geralmente estimada em seis anos, porém, para esta análise será considerada como cinco anos tendo em vista o horizonte de análise e que o impacto financeiro desta mudança não é significativo em termos de viabilidade e/ou rentabilidade, dado o baixo valor do investimento.

O único valor residual considerado nos fluxos de caixa é o capital de giro.

7.3.2 Capital de Giro

O capital de giro necessário foi estimado da seguinte forma:

- Custo de aquisição de matéria prima: 01 mês ;
- Mão de obra com encargos: 01 mês.

7.3.3 Custo de Manutenção e Conservação⁴⁵

O custo de manutenção foi estimado em a 5% sobre o valor total gasto na construção dos fornos à exceção dos anos em que o investimento foi realizado.

⁴⁵OLIVEIRA, Op. Cit.



7.3.4 Carga Tributária⁴⁶

O faturamento da empresa carvoeira foi tomado como base de cálculo para os tributos. Doze espécies tributárias foram analisadas: ECRRA, TF, ICMS, COFINS, PIS, IRPJ, CSLL, ITR, TCFA, TFAMG, INSS e FGTS. O impacto tributário para a produção do carvão vegetal foi igual a 9,76%.

7.3.5 Mão de Obra

A mão de obra dimensionada para a operação dos fornos nos três cenários é de apenas um funcionário com a remuneração mensal de um salário mínimo. Os encargos de mão de obra estão incluídos na estimativa da carga tributária dos EVTE's.

7.3.6 Rendimento Gravimétrico - RG

O rendimento gravimétrico - RG adotado foi 32,5 % para o sistema forno – fornalha UFV, baseado nos dados obtidos na unidade demonstrativa de Lamin por Donato 2017.

Adotou-se RG de 30% para os fornos de encosta ou barranco baseado nos dados de levantamentos sugeridos na bibliografia e por levantamentos na pesquisa de campo efetuada pela Consultoria em 2018.

Para os fornos de superfície foi atribuída média nacional sugerida por vários autores (SMS 2018, citado em Raad Op. Cit.) de 26% reconhecida para fornos de superfície com controle da carbonização baseada somente na experiência do produtor de carvão que opera pela cor da fumaça e pela temperatura na parede percebida com a mão.

Como a lenha terá a mesma origem para os três cenários, adotou-se as características médias encontradas para lenha de Lamim por Donato (Op. Cit.), 3.100 kg por carga de forno, perfazendo um consumo mensal pelos quatro fornos de 49.600kg mês para sistema UFV e fornos de superfície e 37.200 para forno de barranco. Adotou-se os três sistemas de fornos com a mesma capacidade interna. No sistema UFV com rendimento gravimétrico de 32,5%, obteve-se produção mensal de 16.120 kg de carvão. Utilizando o valor de rendimento gravimétrico de finos de carvão, sugerido por Raad (Op. Cit.) de 1,9%, obteve-se uma produção de finos de 942 kg mês.

⁴⁶Tributação na Produção do Carvão Vegetal: (Sem referência ao autor). Disponível em <http://www.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/premio-sfb/i-premio/monografias-i-premio/profissional-1/406-profissionais-21-resumo/file>. Consultado em 07/04/2018.

7.3.7 Curva de Aprendizado

Por se tratar de um projeto inovador, optou-se em adotar uma curva de aprendizado para o processo produtivo até que o rendimento gravimétrico atinja os 32,5% apurados na unidade demonstrativa de Lamim.

Os índices adotados foram de 90% para o primeiro ano de operação, ou seja, RG = 29,25 e 95% para o segundo ano (RG = 30,88). A partir do terceiro ano a produção é estabilizada com o rendimento de 32,5%.

7.3.8 Preços Praticados e Projeção das Receitas

Em média, o preço do carvão vegetal colocado nas siderúrgicas mais próximas de Lamim - MG, durante o período de estudo do painel em Conselheiro Lafaiete, foi de R\$135,00/mdc (metro de carvão) a um frete de R\$ 30,00/mdc e custo de colheita, extração e baldeio de R\$35,00/m estéreo, o que equivale vender a madeira em pé a R\$40,00/m³ (Painel Florestal, Op. Cit.).

TABELA23 - CUSTO MATÉRIA PRIMA IDENTIFICADA EM PESQUISA EFETUADA POR RAAD 2018

Cadeia Produtiva	Faixa de Preços por metro cúbico sólido
Floresta plantada em pé aos 7 anos	R\$ 30,00 a R\$ 44,00
Colheita Florestal	R\$ 12,00 a R\$ 18,00
Transporte das toras de madeira	R\$ 8,00 a R\$ 10,00
Faixa de Valor total na UPC	R\$ 50,00 a R\$ 72,00

Fonte: pesquisa de mercado feito por Raad 2018.

Em todos os cenários voltados para pequenos produtores, os fornos estão próximos à unidade de produção de carvão (UPC). Esse fato é evidente na região de Lamim, onde - em geral - as pequenas propriedades em média não ultrapassam em muito 30 a 40 hectares. Nas regiões acidentadas, a maioria dos pequenos produtores utilizam animais (bois) para baldear a lenha das encostas até a carvoaria; em alguns poucos casos, usam pequenos tratores. Nas regiões planas o uso de caminhões é mais comum.

Nas tabelas a seguir apresenta-se os índices técnicos para os três cenários e a projeção da produção e receitas com a venda do carvão.

TABELA24 - PARÂMETROS ADOTADOS PARA OS TRÊS CENÁRIOS

Discriminação parâmetros	Unidade	Cenário 1 Unidade demonstrativa	Cenário 2 Forno de Barranco	Cenário 3 Forno de Superfície
Capacidade mensal de processamento de lenha	Kg mês	49.600	37.200	49.600
Rendimento	%	32,5	30	26
Produção de carvão	Kg mês	16.120	11.160	12.896
Rendimento gravimétrico de finos	%	1,9	1,9	1,9
Produção mensal de finos	Kg mês	942	706,8	942
Preço de venda do carvão	R\$/t	675	675	675
Preço de venda da moinha (R\$ 160,00/t)	R\$/mês	147,2	113,09	147,2
Vida útil do forno	anos	10	5	5
Preço de venda do carvão	R\$/mdc	135	135	135
Venda mensal de carvão	R\$	10.881,00	7.492,50	8.704,80

Fonte proposto pela CP Empreendimentos.

TABELA25—PROJEÇÃO DAS RECEITAS

Cenários	Custo de venda da t carvão (R\$)	Produção anual (t)	Valor da produção anual (R\$)
Cenário 1 – sistema UFV	675	193,44	130.572,00
Cenário 2 – forno de barranco	675	133,92	90.396,00
Cenário 3 – forno de superf.	675	154,75	104.456,22

Fonte: Elaboração CP Empreendimentos 2018

7.4 PARÂMETROS ESPECÍFICOS DA AVALIAÇÃO ECONÔMICA

7.4.1 Cenário 1 = Unidade Demonstrativa de Lamim.

Foi utilizada a unidade demonstrativa construída na propriedade de um pequeno produtor, selecionado em fase preliminar, com quatro fornos de 3,0 m de diâmetro e uma fornalha central para queima de gases da carbonização.

Cada forno realiza a carbonização em um ciclo de sete dias, composto de:

- meio dia para carregamento da lenha e ignição;
- 3 dias para carbonização;
- 3 dias para resfriamento;
- meio dia para descarga, possibilitando quatro carbonizações mensais.



Portanto a unidade demonstrativa com quatro fornos pode produzir 28 fornadas mensais. Cada forno recebe 13 st de lenha, sendo que essas carbonizações devem ser alternadas. Enquanto 2 fornos estão esfriando 2 fornos estão carbonizando.

Foi adotado o Rendimento Gravimétrico de 32,5%, conforme dados obtidos nas pesquisas da UFV (Donato, Op. Cit.).

Segundo as mesmas pesquisas, houve uma redução da concentração de metano e monóxido de carbono emitidos durante a combustão dos gases na fornalha avaliada, tendo conseguido uma redução de média de 76,45 kg de CO₂e por tonelada de carvão produzido. Portanto, em um ano de produção, na unidade demonstrativa pode-se evitar a emissão de 45,5 toneladas de CO₂e por conjunto de quatro fornos.

Conforme informações obtidas junto à EMATER MG, existem cerca de 2.000 fornos em Lamin,. Setodos fossem substituídos por fornos semelhantes ao sistema forno – fornalha UFV, poderíamos evitar 22.750⁴⁷ toneladas ano de emissão de CO₂e

TABELA26 - CUSTO DE CONSTRUÇÃO DA UNIDADE DEMONSTRATIVA DE LAMIM

Elemento despesa	Quantidades	Valor em R\$
Mão-de-obra total	04 fornos + 4 dutos + fornalha	2.400,00
Materiais de fornos e dutos	4 fornos + 4 dutos	4.858,00
Materiais fornalha mais chaminé	01 fornalha + chaminé	2.915,05
Valor total		10.173,05

Fonte: Pesquisas da UFV, Donato, Op. Cit..

Na coleta de dados com forno – fornalha da Universidade Federal de Viçosa Donato utilizou um forno com capacidade de 12 estéreos de lenha com fornalha e chaminé acoplada conforme Figura53. O forno utilizado possui 3 aberturas em cada parede lateral, conhecida popularmente como “tatu”, cujas dimensões são de 10 x 15 cm, as quais foram uniformemente distribuídas em suas duas laterais, para admissão de ar. A abertura e o fechamento dessas entradas controlavam a entrada de ar para o sistema e, conseqüentemente, as temperaturas do forno, auxiliando na condução da carbonização.

⁴⁷45,5 toneladas de CO₂e * 2.000 fornos (segundo informações da EMATER MG).

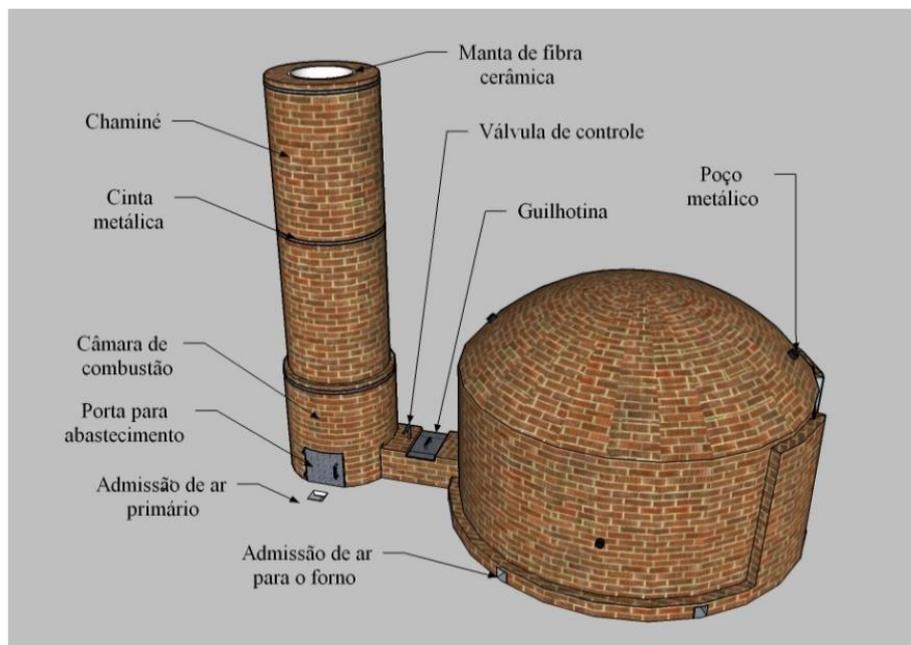


FIGURA 53: FORNO – FORNALHA UFV DE 12 ESTÉREOS. FONTE: PESQUISAS COM SISTEMA FORNO – FORNALHA UFV
Fonte: Donato (Op. Cit.)

7.4.2 Cenário 2 = Fornos de encosta

As especificações adotadas foram:

- capacidade de 13 estéreis de lenha equivalendo à produção de 7 mdc;
- RG 30%;
- diâmetro = 3,0 m;
- altura 2,5m.

Custo total de construção de um forno = R\$ 1.000,00 (mão de obra + materiais), conforme informações colhidas junto aos produtores de carvão de Lamim.

Pelo período maior de tempo de resfriamento estes fornos permitem apenas três carbonizações por mês. A condução da carbonização é efetuada apenas pela experiência do operador - visualmente, pela cor da fumaça.

Com rendimento gravimétrico de 30,0%, com abastecimento por forno de 3.100 kg de lenha, obtém-se por forno 2.790 kg de carvão/mês. Em um ano com 4 fornos produz-se 133.920 kg de carvão.

TABELA27 - CUSTO DE CONSTRUÇÃO DE QUATRO FORNOS DE ENCOSTA EM LAMIM

Elemento despesa	Quantidades	Valor em R\$
Mão-de-obra total mais materiais	04 fornos	4.000,00
Materiais de fornos e dutos	0	-
Materiais fornalha mais chaminé		
Valor total		4.000,00

Fonte: CP Empreendimentos

7.4.3 Cenário 3 – Fornos de Superfície

Fornos de superfície com médias gerais de rendimento gravimétrico de 26% adotados por Raad (Op.Cit.) e por entrevista na AMS pela CP Empreendimentos. Correspondem ao perfil médio da produção em fornos de superfície sem sistema de controle ou monitoração da temperatura de carbonização nem tratamento das emissões gasosas. O forno típico tem diâmetro de 3.00m e altura de 2.5m. Possui a capacidade de ciclos de carbonização de sete dias, com possibilidade de quatro carbonizações por mês. A capacidade volumétrica é de sete estéreos de lenha.

Pela semelhança construtiva com os fornos do sistema da unidade demonstrativa de Lamim, naturalmente sem sistema de dutos e fornalha, adotou-se o custo de construção de R\$ 735,00 de materiais e R\$ 1.000,00 de mão de obra por forno totalizando R\$ 1.735,00. Este custo coincide ou aproxima bastante com o custo de R\$ 120,00 por m3 citado por Carneiro (Op. Cit.).

O investimento total neste forno é estimado em R\$ 6.940,00

7.5 INDICADORES DE VIABILIDADE

Com a apuração de todos os investimentos, itens de custo e receitas para cada um dos cenários são elaborados os fluxos de caixa e apurados os indicadores de rentabilidade. São eles:

Taxa Interna de Retorno TIR e Valor Presente Líquido VPL: Trata-se do valor atual (no ano zero, ou seja, no momento da realização dos investimentos) dos ganhos líquidos de um projeto (ou seja, os benefícios menos os custos, inclusive de investimento), descontados à taxa definida como custo de oportunidade de capital (taxa de atratividade do investidor ou taxa de juros) considerada para a tomada de decisão. A TIR – Taxa Interna de Retorno estima a taxa anual média de rentabilidade do projeto. Determina qual seria a taxa de desconto (i), ou custo de oportunidade, que geraria o valor atual (VPL) igual a zero.



Ponto de Nivelamento ou Ponto de Equilíbrio: O ponto de equilíbrio é o percentual sobre a capacidade operacional total a que se deve operar para igualar a lucratividade a zero, ou seja, é a taxa mínima a que o empreendimento deverá operar para que não tenha prejuízos.

Pay-Back - Tempo de Retorno do Investimento: O prazo de retorno é o tempo necessário para que o investimento inicial seja recuperado com os rendimentos do projeto.

Relação Benefício/Custo: Trata-se da relação entre os benefícios líquidos (entradas) e os custos líquidos (saídas) atualizados à taxa de desconto i (custo de oportunidade).

Cenários: São ainda realizadas simulações de forma positiva e negativa sobre as variáveis mais sensíveis do empreendimento, sejam elas a aquisição de matéria-prima, mão de obra, custos de transporte ou quaisquer outras que, sofrendo algum nível de alteração, gerem impactos significativos nos indicadores de viabilidade do projeto.

Nas Tabelas a seguir apresenta-se os fluxos de produção, fluxos de caixa e indicadores de viabilidade econômica para cada um dos três cenários.



TABELA28--FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO – CENÁRIO 1 – U.D. LAMIM

FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO	ANO										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Consumo de Madeira (ton/ano)		595,20	595,20	595,20	595,20	595,20	595,20	595,20	595,20	595,20	595,20
Rendimento Gravimétrico (%)		29,25	30,88	32,50	32,50	32,50	32,50	32,50	32,50	32,50	32,50
Produção de Carvão (ton)		174,10	183,77	193,44	193,44	193,44	193,44	193,44	193,44	193,44	193,44
Rendimento Finos (ton/ano)		1,71	1,81	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
Produção de Finos (ton/ano)		10,18	10,74	11,31	11,31	11,31	11,31	11,31	11,31	11,31	11,31

Fonte: Elaboração CP Empreendimentos

TABELA29--FLUXO DE CAIXA – CENÁRIO 1 – U.D. LAMIM

FLUXO DE CAIXA	ANO										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ENTRADAS	-	119.143,27	125.762,34	132.381,41	132.381,41	132.381,41	132.381,41	132.381,41	132.381,41	132.381,41	138.295,41
Receitas Carvão		117.514,80	124.043,40	130.572,00	130.572,00	130.572,00	130.572,00	130.572,00	130.572,00	130.572,00	130.572,00
Receitas Moinha		1.628,47	1.718,94	1.809,41	1.809,41	1.809,41	1.809,41	1.809,41	1.809,41	1.809,41	1.809,41
Valor Residual											5.914,00
SAÍDAS	16.087,05	112.121,04	112.121,04	112.121,04	112.121,04	112.121,04	112.121,04	112.121,04	112.121,04	112.121,04	112.121,04
Investimentos Fixos	10.173,05										
Investimentos Financeiros (CG)	5.914,00										
Reinvestimentos											
Insumos (madeira)		59.520,00	59.520,00	59.520,00	59.520,00	59.520,00	59.520,00	59.520,00	59.520,00	59.520,00	59.520,00
Custo de Frete		29.016,00	29.016,00	29.016,00	29.016,00	29.016,00	29.016,00	29.016,00	29.016,00	29.016,00	29.016,00
Mão de Obra		11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00
Manutenção		508,65	508,65	508,65	508,65	508,65	508,65	508,65	508,65	508,65	508,65
Impostos		11.628,38	11.628,38	11.628,38	11.628,38	11.628,38	11.628,38	11.628,38	11.628,38	11.628,38	11.628,38
SALDO DE CAIXA	- 16.087,05	7.022,23	13.641,30	20.260,37	20.260,37	20.260,37	20.260,37	20.260,37	20.260,37	20.260,37	26.174,37
SALDO ACUMULADO	- 16.087,05	- 9.064,82	4.576,48	24.836,86	45.097,23	65.357,60	85.617,97	105.878,35	126.138,72	146.399,09	172.573,47

Fonte: Elaboração CP Empreendimentos



TABELA30-INDICADORES DA VIABILIDADE ECONÔMICA – CENÁRIO 1 – U.D. LMAMIM

TAXA INTERNA DE RETORNO - TIR	79,15%	VALOR PRESENTE LÍQUIDO		REL. BENEFÍCIO / CUSTO	
		TAXAS	VPL	TAXAS	VALOR
		0%	172.573,47	0%	1,15
		5%	119.407,06	5%	1,14
		10%	84.708,45	10%	1,13
		15%	61.339,59	15%	1,12
		20%	45.150,65	20%	1,11
		25%	33.648,78	25%	1,10
PAY-BACK (EM ANOS)	2				

PONTO DE NIVELAMENTO	ANOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A) Custos Fixos	11.957	11.957	11.957	11.957	11.957	11.957	11.957	11.957	11.957	11.957
B) Receitas Totais	119.143	125.762	132.381	132.381	132.381	132.381	132.381	132.381	132.381	138.295
C) Custos Variáveis + imp	100.164	100.164	100.164	100.164	100.164	100.164	100.164	100.164	100.164	100.164
PN	63,0%	46,7%	37,1%	31,4%						

Fonte: Elaboração CP Empreendimentos

TABELA31–FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO – CENÁRIO 2 – FORNO DE ENCOSTA

FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO	ANO										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Consumo de Madeira (ton/ano)		446,40	446,40	446,40	446,40	446,40	446,40	446,40	446,40	446,40	446,40
Rendimento Gravimétrico (%)		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
Produção de Carvão (ton)		133,92	133,92	133,92	133,92	133,92	133,92	133,92	133,92	133,92	133,92
Rendimento Finos (ton/ano)		1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
Produção de Finos (ton/ano)		8,48	8,48	8,48	8,48	8,48	8,48	8,48	8,48	8,48	8,48

Fonte: Elaboração CP Empreendimentos

TABELA32–FLUXO DE CAIXA – CENÁRIO 2 – FORNO DE ENCOSTA

FLUXO DE CAIXA	ANO										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ENTRADAS	-	91.753,06	91.753,06	91.753,06	91.753,06	91.753,06	91.753,06	91.753,06	91.753,06	91.753,06	96.427,06
Receitas Carvão		90.396,00	90.396,00	90.396,00	90.396,00	90.396,00	90.396,00	90.396,00	90.396,00	90.396,00	90.396,00
Receitas Moinha		1.357,06	1.357,06	1.357,06	1.357,06	1.357,06	1.357,06	1.357,06	1.357,06	1.357,06	1.357,06
Valor Residual											4.674,00
SAIDAS	8.674,00	85.331,10	85.331,10	85.331,10	85.331,10	89.331,10	85.331,10	85.331,10	85.331,10	85.331,10	85.331,10
Investimentos Fixos	4.000,00										
Investimentos Financeiros (CG)	4.674,00										
Reinvestimentos						4.000,00					
Insumos (madeira)		44.640,00	44.640,00	44.640,00	44.640,00	44.640,00	44.640,00	44.640,00	44.640,00	44.640,00	44.640,00
Custo de Frete		20.088,00	20.088,00	20.088,00	20.088,00	20.088,00	20.088,00	20.088,00	20.088,00	20.088,00	20.088,00
Mão de Obra		11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00
Manutenção		200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00
Impostos		8.955,10	8.955,10	8.955,10	8.955,10	8.955,10	8.955,10	8.955,10	8.955,10	8.955,10	8.955,10
SALDO DE CAIXA	- 8.674,00	6.421,96	6.421,96	6.421,96	6.421,96	2.421,96	6.421,96	6.421,96	6.421,96	6.421,96	11.095,96
SALDO ACUMULADO	- 8.674,00	- 2.252,04	4.169,92	10.591,87	17.013,83	19.435,79	25.857,75	32.279,70	38.701,66	45.123,62	56.219,58

Fonte: Elaboração CP Empreendimentos



TABELA33-INDICADORES DA VIABILIDADE ECONÔMICA – CENÁRIO 2 – FORNO DE ENCOSTA

TAXA INTERNA DE RETORNO - TIR	71,66%	VALOR PRESENTE LÍQUIDO		REL. BENEFÍCIO / CUSTO	
		TAXAS	VPL	TAXAS	VALOR
		0%	56.219,58	0%	1,06
		5%	38.714,27	5%	1,06
		10%	27.367,72	10%	1,06
		15%	19.759,09	15%	1,05
		20%	14.497,70	20%	1,05
		25%	10.757,41	25%	1,04
PAY-BACK (EM ANOS)	2				

PONTO DE NIVELAMENTO	ANOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A) Custos Fixos	11.648	11.648	11.648	11.648	11.648	11.648	11.648	11.648	11.648	11.648
B) Receitas Totais	91.753	91.753	91.753	91.753	91.753	91.753	91.753	91.753	91.753	96.427
C) Custos Variáveis + imp	73.683	73.683	73.683	73.683	73.683	73.683	73.683	73.683	73.683	73.683
PN	64,5%	51,2%								

Fonte: Elaboração CP Empreendimentos

TABELA34–FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO – CENÁRIO 3 – FORNO DE SUPERFÍCIE

FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO	ANO										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Consumo de Madeira (ton/ano)		595,20	595,20	595,20	595,20	595,20	595,20	595,20	595,20	595,20	595,20
Rendimento Gravimétrico (%)		26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00	26,00
Produção de Carvão (ton)		154,75	154,75	154,75	154,75	154,75	154,75	154,75	154,75	154,75	154,75
Rendimento Finos (ton/ano)		1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
Produção de Finos (ton/ano)		11,31	11,31	11,31	11,31	11,31	11,31	11,31	11,31	11,31	11,31

Fonte: Elaboração CP Empreendimentos

TABELA35–FLUXO DE CAIXA – CENÁRIO 3 – FORNO DE SUPERFÍCIE

FLUXO DE CAIXA	ANO										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ENTRADAS	-	106.267,01	106.267,01	106.267,01	106.267,01	106.267,01	106.267,01	106.267,01	106.267,01	106.267,01	112.181,01
Receitas Carvão		104.457,60	104.457,60	104.457,60	104.457,60	104.457,60	104.457,60	104.457,60	104.457,60	104.457,60	104.457,60
Receitas Moinha		1.809,41	1.809,41	1.809,41	1.809,41	1.809,41	1.809,41	1.809,41	1.809,41	1.809,41	1.809,41
Valor Residual											5.914,00
SAÍDAS	12.854,00	104.899,46	104.899,46	104.899,46	104.899,46	111.839,46	104.899,46	104.899,46	104.899,46	104.899,46	104.899,46
Investimentos Fixos	6.940,00										
Investimentos Financeiros (CG)	5.914,00										
Reinvestimentos						6.940,00					
Insumos (madeira)		59.520,00	59.520,00	59.520,00	59.520,00	59.520,00	59.520,00	59.520,00	59.520,00	59.520,00	59.520,00
Custo de Frete		23.212,80	23.212,80	23.212,80	23.212,80	23.212,80	23.212,80	23.212,80	23.212,80	23.212,80	23.212,80
Mão de Obra		11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00	11.448,00
Manutenção		347,00	347,00	347,00	347,00	347,00	347,00	347,00	347,00	347,00	347,00
Impostos		10.371,66	10.371,66	10.371,66	10.371,66	10.371,66	10.371,66	10.371,66	10.371,66	10.371,66	10.371,66
SALDO DE CAIXA	- 12.854,00	1.367,55	1.367,55	1.367,55	1.367,55	- 5.572,45	1.367,55	1.367,55	1.367,55	1.367,55	7.281,55
SALDO ACUMULADO	- 12.854,00	- 11.486,45	- 10.118,90	- 8.751,36	- 7.383,81	- 12.956,26	- 11.588,71	- 10.221,16	- 8.853,62	- 7.486,07	- 204,52

Fonte: Elaboração CP Empreendimentos



TABELA36–INDICADORES DA VIABILIDADE ECONÔMICA – CENÁRIO 3 – FORNO DE SUPERFÍCIE

TAXA INTERNA DE RETORNO - TIR	-0,20%	VALOR PRESENTE LÍQUIDO		REL. BENEFÍCIO / CUSTO	
		TAXAS	VPL	TAXAS	VALOR
		0%	-204,52	0%	1,00
		5%	-3.905,85	5%	1,00
		10%	-5.891,00	10%	0,99
		15%	-6.938,39	15%	0,99
		20%	-7.462,07	20%	0,98
		25%	-7.688,20	25%	0,98
PAY-BACK (EM ANOS)					

PONTO DE NIVELAMENTO	ANOS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A) Custos Fixos	11.795	11.795	11.795	11.795	11.795	11.795	11.795	11.795	11.795	11.795
B) Receitas Totais	106.267	106.267	106.267	106.267	106.267	106.267	106.267	106.267	106.267	112.181
C) Custos Variáveis + imp	93.104	93.104	93.104	93.104	93.104	93.104	93.104	93.104	93.104	93.104
PN	89,6%	61,8%								

Fonte: Elaboração CP Empreendimentos



Conforme apresentado nos fluxos de caixa e nos indicadores de viabilidade, a produção de carvão apresentou viabilidade nos dois primeiros cenários (Unidade Demonstrativa de Lamim e forno de encosta). Utilizadas as premissas citadas, o forno de superfície não apresentou viabilidade.

Porém, há que se ressaltar alguns pontos sobre a viabilidade dos cenários:

- As taxas internas de retorno dos Cenários 1 e 2 podem parecer bastante altas quando comparadas a outros empreendimentos, porém isto não demonstra que os projetos sejam altamente atrativos. Basta observar os saldos de caixa anuais, de aproximadamente R\$ 20 mil, o que representa uma receita líquida mensal inferior a R\$ 1.700,00;
- Ao considerar a utilização um funcionário recebendo um salário mínimo para os projetos pode ser considerado superestimado, tendo em vista que não há necessidade da dedicação exclusiva de um funcionário para o empreendimento. Muitas vezes o operador que irá trabalhar é o proprietário do empreendimento e seus familiares que, ademais da operação dos fornos, cuidam das demais atividades da propriedade;
- Por fim, há que se considerar que o empreendedor muitas vezes será o proprietário da matéria prima (madeira), o que deverá reduzir o seu custo operacional e agregar valor ao seu produto.

7.6 ANÁLISE DA SENSIBILIDADE

Para sensibilizar os indicadores de viabilidade, foram realizadas simulações otimistas e pessimistas sobre o valor de aquisição da matéria prima e o valor de venda do carvão, considerados os itens de maior impacto na viabilidade econômica e de menor previsibilidade no mercado.



TABELA37–ANÁLISE DA SENSIBILIDADE DO PROJETO - CUSTO DE AQUISIÇÃO DA MADEIRA

DISCRIMINAÇÃO	CENÁRIO 1			CENÁRIO 2			CENÁRIO 3		
	Valores Originais	Valor (+) 10%	Valor (-) 10%	Valores Originais	Valor (+) 10%	Valor (-) 10%	Valores Originais	Valor (+) 10%	Valor (-) 10%
Preço da Madeira (R\$/ton)	100,00	110,00	90,00	100,00	110,00	90,00	100,00	110,00	90,00
TAXA INTERNA DE RETORNO - TIR	79,15%	49,73%	112,52%	71,66%	15,10%	130,14%	NEGATIVA	NEGATIVA	55,37%
PAY-BACK (EM ANOS)	2	4	1	2	7	1	NÃO HÁ	NÃO HÁ	2
VPL (0%)	172.573,47	113.053,47	232.093,47	56.219,58	11.579,58	100.859,58	-204,52	-59.724,52	59.315,48
VPL (5%)	119.407,06	75.453,48	163.360,65	38.714,27	5.749,08	71.679,46	-3.905,85	-47.859,44	40.047,73
VPL (10%)	84.708,45	51.183,69	118.233,21	27.367,72	2.224,15	52.511,29	-5.891,00	-39.415,76	27.633,76
VPL (15%)	61.339,59	35.039,50	87.639,68	19.759,09	34,02	39.484,16	-6.938,39	-33.238,48	19.361,70
VPL (20%)	45.150,65	24.009,41	66.291,89	14.497,70	-1.358,22	30.353,63	-7.462,07	-28.603,31	13.679,17
VPL (25%)	33.648,78	16.293,27	51.004,28	10.757,41	-2.259,21	23.774,04	-7.688,20	-25.043,71	9.667,30

Fonte: Elaboração CP Empreendimentos



TABELA38–ANÁLISE DA SENSIBILIDADE DO PROJETO - PREÇO DE VENDA DO CARVÃO

DISCRIMINAÇÃO	CENÁRIO 1			CENÁRIO 2			CENÁRIO 3		
	Valores Originais	Valor (+) 10%	Valor (-) 10%	Valores Originais	Valor (+) 10%	Valor (-) 10%	Valores Originais	Valor (+) 10%	Valor (-) 10%
Preço do Carvão (R\$/ton)	675,00	742,50	607,50	675,00	742,50	607,50	675,00	742,50	607,50
TAXA INTERNA DE RETORNO - TIR	79,15%	136,71%	26,26%	71,66%	167,51%	NEGATIVA	NEGATIVA	81,62%	NEGATIVA
PAY-BACK (EM ANOS)	2	1	5	2	1	NÃO HÁ	NÃO HÁ	2	NÃO HÁ
VPL (0%)	172.573,47	289.717,44	55.429,49	56.219,58	137.792,93	-25.353,77	-204,52	94.058,02	-94.467,06
VPL (5%)	119.407,06	205.247,19	33.566,94	38.714,27	98.703,58	-21.275,05	-3.905,85	65.415,13	-73.226,84
VPL (10%)	84.708,45	149.669,17	19.747,73	27.367,72	72.934,35	-18.198,91	-5.891,00	46.763,77	-58.545,77
VPL (15%)	61.339,59	111.901,11	10.778,07	19.759,09	55.358,90	-15.840,72	-6.938,39	34.199,16	-48.075,94
VPL (20%)	45.150,65	85.477,27	4.824,03	14.497,70	42.997,20	-14.001,80	-7.462,07	25.470,69	-40.394,82
VPL (25%)	33.648,78	66.499,34	798,22	10.757,41	34.058,05	-12.543,22	-7.688,20	19.236,97	-34.613,38

Fonte: Elaboração CP Empreendimentos

8 CONCLUSÃO

O exercício desenvolvido cerca-se de características peculiares.

Trata-se de uma proposição de tecnologia para aprimoramento de prática milenar, objetivando, paralelamente a uma melhoria tecnológica do processo produtivo do carvão, um melhor atendimento a preocupações ambientais que somente nas últimas décadas passaram a integrar o cenário mundial.

O custo do investimento, em todas as tecnologias consideradas, é muito pequeno se considerados os valores de custeio: os investimentos fixos em relação ao custo da matéria prima em 1 (um) único ano representam 17% no caso da unidade demonstrativa, 9% no forno de encosta e 12% no forno de superfície. Isso significa que a sensibilidade da atividade ao custo do investimento é extremamente pequena.

A outra peculiaridade digna de registro é o fato de a unidade em estudo ser superior às demais tecnologias consideradas em rendimento gravimétrico e, conseqüentemente, na produção de carvão, compensando com folga o efeito do maior custo inicial (de investimento).

Por outro lado, a redução de emissões de CO₂ (e outros gases responsáveis pelo efeito-estufa) integra tanto preocupações sócioambientais como compromissos firmados pelo Governo do Brasil, responsabilidade social delegada a todos os agentes econômicos do país.

Há, entretanto, que se salientar - como fartamente demonstrado no Capítulo 3 deste documento - que a prática de carvoejamento por produtores independentes é atividade ainda em vigor porém com sinais de decadência em termos de perspectivas futuras. A constatação não invalida o esforço desenvolvido, na medida em que mesmo que o horizonte desse perfil de produção apresente sintomas de ser restrito, a substituição da tecnologia tradicional pela proposta se justifica na medida em que a vida útil das unidades em atividade se esgote ainda consiste em significativo ganho ambiental.



BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ABRAF - Associação Brasileira de Florestas Plantadas**, a partir de dados do IPEF - Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais: "Anuário Estatístico ABRAF 2013". Disponível em <http://www.ipef.br/estatisticas/relatorios/anuario-abraf13-br.pdf>. Acessado em 20/03/2018.
- AMS-ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE SILVICULTURA**. Florestas energéticas no Brasil: demandas e potencialidades. Belo Horizonte: AMS, 2009. Disponível em: http://silv Minas.com.br/wp-content/uploads/2012/12/publicacao_585.pdf . Acessado em 07/04/2017.
- BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social**. Disponível em <https://www.cartaobndes.gov.br/cartaobndes/>. Acessado em 09/04/2018.
- BRASIL - Ministério das Minas e Energia- EPE**: "Demanda de energia 2050". Nota técnica DEA 13/15 - série "Estudos de Demanda de Energia". Janeiro 2016. Disponível em <http://antigo.epe.gov.br/Estudos/Documents/DEA%201315%20Demanda%20de%20Energia%202050.pdf> Acessado em 15/03/2018.
- BRITISH PETROLEUM - BP**: "2017 Energy Outlook". Disponível em <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2017/bp-energy-outlook-2017.pdf> Acessado em 02/02/2018.
- CAFIR - Cadastro de Imóveis Rurais**. Disponível em http://www.cadastrorural.gov.br/estatisticas/cafir-cadastro-de-imoveis-rurais/copy2_of_total-de-imoveis-ativos-no-cadastro-de-imoveis-rurais-cafir-da-rfb-sao-7-442.515. Acessado em 23/04/2018.
- Carneiro, Angélica de Cassia Oliveira, Lana, A.Q., Oliveira, C.A., Pereira, B.L.C., Salles, T.T.** ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL EM FORNOS CIRCULARES COM BAIXA EMISSÃO DE POLUENTES. Centro de Pesquisas em Economia Aplicada – CEPEA/ESALQ. Viçosa 2012.
- CARNEIRO, Angélica de Cássia Oliveira**: "Unidades demonstrativas de produção sustentável de carvão vegetal - critérios de seleção da propriedade". Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD - Projeto BRA/14/G31 – Produção de Carvão Vegetal de Biomassa Renovável para a Indústria Siderúrgica no Brasil. Relatório Técnico 1 - Universidade Federal de Viçosa - Julho 2017. Uso restrito.
- CEBDS - Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável**. "Quais são as metas do Brasil para o Acordo de Paris?" 10/04/2017. Disponível em <http://cebds.org/>. Acessado em 09/04/2018.



- CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.** "Modernização da produção de carvão vegetal no Brasil: subsídios para revisão do Plano Siderurgia" – Brasília, 2015.
- Costa, J. M. F. N.** Temperatura Final de Carbonização e Queima dos Gases na Redução de Metano como Base a Geração de Créditos de Carbono. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. 60 pag. 2012.
- CURSO DE ENGENHARIA METALÚRGICA NA UNILESTE - MG.** "Alto forno - carvão vegetal".
- DBS BANK Development Bank of Singapore:** "Asian Insights: Oversupply in the steel sector - Challenges and opportunities". July 2016. Disponível em https://www.dbs.com.sg/.../pdf_Controller.page?...global_steel. Acessado em 15/03/2018.
- DEEPASK.** Disponível em <http://www.deepask.com/goes?page=Veja-evolucao-do-Indice-de-Desenvolvimento-Humano-no-Brasil>. Acessado em 12/04/2018.
- DEPARTMENT OF COMMERCE - United States of America:** "Global Steel Trade Monitor, March 2018: Steel exports report - China". Disponível em <https://www.trade.gov/steel/countries/pdfs/exports-china.pdf>. Acessado em 15/03/2018.
- DONATO, Danilo Barros.** "Desenvolvimento e avaliação de desempenho de uma fornalha para combustão dos gases da carbonização da madeira". Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*. Viçosa, 2017.
- DUHAMEL, Jonathan:** "Impact of solar, wind electricity generation on our energy supply and the environment". In **Energy Matters**, July 2014. Disponível em <http://euanmearns.com/author/roger/>. Acessado em 02/02/2018.
- EIA - U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION:** "Annual energy outlook 2017 with projections to 2050". January 5, 2017. Disponível em www.eia.gov/aeo. Acessado em 12/02/2018.
- EMATER MG.** Preços de Produtos – Carvão – Plantadas – Zona da Mata Mineira. 2013. Disponível em: Online: http://www.ciflorestas.com.br/dado.php?id=280&n=preço_de_produtos_carvão_-plantadas_zona_da_mata_mineira. Consultado em 10-04-2018
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil).** Balanço energético nacional 2015: relatório síntese-ano base 2014. Rio de Janeiro: EPE, 2015. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2015_Web.pdf. Acessado em 10/04/2018.



- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA** (Brasil). Balanço energético nacional 2014: ano base 2013. Rio de Janeiro: EPE, 2014. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2014. Acessado em 10/04/2018.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA** (Brasil). Balanço energético nacional 2015: relatório síntese-ano base 2014. Rio de Janeiro: EPE, 2015. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%A4Dntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2015_Web.pdf. Acessado em 10/04/2018.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA:** "Balanço Energético Nacional - 2017". Disponível em <https://ben.epe.gov.br/>. Acessado em 25/03/2018. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN201. Acessado em 10/04/2018.
- GENTIL, Luiz Vicente e F. Faggion:** "Desafios da produção no Brasil". FGV EESP Centro de estudos de agronegócios - Fevereiro de 2014. Disponível em <http://www.agroanalysis.com.br/2/2014/agroenergia/bioenergia-desafios-da-producao-no-brasil>. Acessado em 02/12/2017.
- IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores Relatório 2017.** Brasília, DF, 80 pag. Disponível em: http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_Relatorio_Anual2017.pdf. Acessado em 07/04/2018.
- IBGE Cidades:** disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/lamim/panorama>. Acessado em 09/04/2018
- IEA - International Energy Agency:** "World Energy Outlook (WEO), 2014". Citado em **TOLMASQUIM, Maurício T.** (Coordenador): "Energia termelétrica: gás natural, biomassa, carvão, nuclear - 2016. Disponível em: <https://www.google.com.br/search?tbm=isch&sa=1&ei=bIUdWoa2D4iDwQSwH56IAQ&q=tolmasquim+ENERGIA+TERMEL%C3%89TRICA&oq=psyab.3.47966.52291.0.53365.20.20.0.0.0.162.2166.0j18.18.0....0...1c.1.64.psyab..2.0.0...0.c7tIC1PZrMU#imgc=L3b4vvOv39L6tM>. Acessado em 12/02/2018.
- IEA - International Energy Agency:** "World energy outlook 2017". Disponível em <https://www.iea.org/weo2017/>. Acessado em 12/02/2018.
- IBÁ INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES.** Relatório IBÁ 2015. Brasília: IBÁ, 2015. Disponível em: http://www.iba.org/images/shared/iba_2015.pdf. Acessado em: 13 set. 2015.
- J. MENDO CONSULTORIA:** "Mapeamento e análise do perfil produtivo e comercial do setor de ferro-gusa, aço e ferroligas relacionado ao carvão vegetal e seus coprodutos no Brasil e em Minas Gerais". (Uso Restrito), Belo Horizonte, Dezembro de 2017.
- LAMIM Site Oficial.** Disponível em <http://lamim.mg.gov.br/>. Acessado em 9 de abril de 2018



- LOPES & MACHADO CONSULTORES ASSOCIADOS.** "Estudo de viabilidade econômica-financeira de unidade de fabricação de MDF – medium density fiberboard. Universidade Federal de Viçosa - Maio 2013.
- MANCINI, Sandro Donini:** "Como funciona uma termelétrica". Equipe Online, 2014. Disponível em <https://www.jornalcruzeiro.com.br/materia/551557/como-funciona-uma-termeletrica>. Acessado em 02/02/2018.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE:** "Acordo de Paris". Disponível em <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acessado e 09/04/2018.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE:** "[Guia de Financiamento Florestal 2016](http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/1799-guia-de-financiamento-florestal-2016/file)". Disponível em <http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/1799-guia-de-financiamento-florestal-2016/file> e <http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/1792-quadro-sintese-guia-de-financiamento-florestal-2016/file>. Acessado em 16/04/2018.
- MME - Ministério de Minas e Energia.** Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação mineral. Departamento de Transformação e Tecnologia Mineral. "Anuário estatístico do setor metalúrgico 2016". Disponível em <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes>. Acessado em 20/04/2018.
- NETTO, Marcos Mergarejo e A. M. A. Diniz:** "Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina – 20 a 26 de março de 2005 – Universidade de São Paulo. Disponível em <http://docplayer.com.br/3424236-Anais-do-x-encontro-de-geografos-da-america-latina-20-a-26-de-marco-de-2005-universidade-de-sao-paulo.html>. Acessado em 06/04/2018
- OECD/ACCENTURE STRATEGY:** "Steel demand beyond 2030 - forecast scenarios". Paris, September 28, 2017. Disponível em https://www.oecd.org/industry/ind/Item_4b_Accenture_Timothy_van_Audenaerde.pdf. Acessado em 15/03/2018.
- OLIVEIRA, Aylson Costa,** "Sistema Forno-Fornalha para Produção de Carvão Vegetal". Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa. 2012.
- OLIVEIRA, Aylson Costa, R. Damasio, B. L. C. Pereira, A. C. O. Carneiro e M. P. C. F. Pereira:** "Fornalha para combustão dos gases da carbonização". Anais do Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira, 213. Petrópolis, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em <https://proceedings.galoa.com.br/cbcm-2013/trabalhos/fornalha-para-combustao-dos-gases-da-carbonizacao>. Acessado em 15/03/2018.
- PETROFF, Alana:**"The global steel industry by the numbers". Disponível em <http://money.cnn.com/2018/03/02/news/economy/steel-industry-statistics-us-china-canada/index.html>. Acessado em 15/03/2018.



RAAD, Túlio Jardim: "Cadeias de produção de carvão vegetal para o setor siderúrgico". Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD - Projeto BRA/14/G31 – Produção de Carvão Vegetal de Biomassa Renovável para a Indústria Siderúrgica no Brasil. Produto 1 - Avaliação de metodologias relevantes para a análise e quantificação da eficiência de cadeias de produção de carvão vegetal; Produto 2 - Análise do estado da arte de cadeias de produção de carvão vegetal destinado ao setor de ferro-gusa, aço e ferroligas no Brasil; Produto 3 - Análise comparativa do estado da arte das tecnologias para produção de carvão vegetal renovável destinado ao setor brasileiro de ferro gusa, aço e ferroligas. Dezembro 2017. Uso restrito.

RAAD, Túlio Jardim: "Arcabouço Institucional e Normativo do Setor Siderúrgico Brasileiro e de Minas Gerais". Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD - Projeto BRA/14/G31 – Produção de Carvão Vegetal de Biomassa Renovável para a Indústria Siderúrgica no Brasil. Produto 2 - Análise das implicações dos arcabouços normativo e institucional para o setor siderúrgico. Dezembro de 2017. Uso restrito.

RODRIGUEZ, Augusto Valencia. "Mapeamento, mensuração e avaliação de opções tecnológicas de coprodutos de carvão vegetal. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD - Projeto BRA/14/G31 – Produção de Carvão Vegetal de Biomassa Renovável para a Indústria Siderúrgica no Brasil. Produto 1: Mapeamento das opções e rotas tecnológicas; Produto 2: Relatório Técnico sobre o aproveitamento dos coprodutos; Produto 3: Análise de viabilidade técnica, econômica e ambiental de tecnologias de conversão em diversas escalas de produção; Produto 4: Definição do layout e localização para a praça de produção de carvão vegetal sustentável; Produto 5: Análise de custo-benefício para a produção de carvão vegetal. Viçosa, 2017.

Relatório do Painel Florestal em Conselheiro Lafayete-MG em 4 de abril de 2017 UFV, silvicultores de Lamim, FAEMG, SENAR e EMATER.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas: "Ferramenta: as 5 forças de Porter (Clássico)". Disponível em https://m.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/ME_5-Forcas-Porter.PDF. Acessado em 24/04/2018.

SECRETARIA DE estado DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DE MINAS GERAIS. Silvicultura 2016 em MGano base 2014 – 2015. Disponível em: http://www.agricultura.mg.gov.br/images/Arq_Relatorios/Perfil/Silvicultura/perfil_silvicultura_agosto_2016.pdf. Consultado em 06/04/2018.

SENADO FEDERAL: "Projeto de Lei do Senado nº 249 de 2011. Disponível em <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/100216>. Acessado em 09/04/2018.

SIMIONI F. J., Moreira J. M. M. Á. P., Fachinello A. L., Buschinelli C. C. de A. , Matsu M. I. da S. F. "Evolução e concentração da produção de



lenha e carvão vegetal da silvicultura no Brasil". *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 731-742, abr.-jun., 2017.

SINDIFER - Sindicato da Indústria do ferro do estado de Minas Gerais: "Anuário estatístico 2016". Disponível em http://www.sindifer.com.br/institucional/anuario/anuario_2016.pdf. Acessado em 15/03/2018

SNIF - Sistema Nacional de Informações Florestais, integrado ao SINIMA - Sistema Nacional de Informações sobre o Meio Ambiente. (Dados atualizados em 24/11/2017), disponível em <http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/as-florestas-plantadas>, acessado em 09/04/2018.

Tributação na Produção do Carvão Vegetal: (Sem referência ao autor). Disponível em <http://www.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/premio-sfb/i-premio/monografias-i-premio/profissional-1/406-profissionais-21-resumo/file>. Consultado em 07/04/2018.

UNIESTE - Curso de Engenharia Metalúrgica: "Alto forno - carvão vegetal". Disponível em <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfVTMAH/alto-forno-carvao-vegetal>. Consultado em 07-04-2018

WORLD STEEL ASSOCIATION: "Steel Association Yearbook 2017". Disponível em <https://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2017/worldsteel-2017-steel-statistical-yearbook-now-available-online0.html>. Acessado em 15/02/2018.

ANEXO I - LISTA DE PESSOAS ENTREVISTADAS

CONTATOS EFETUADOS

EM BRASÍLIA (23/01/2018)

Patrícia Peres Simão - JOF - Joint Operations Facility;
Cláudia Câmara - JOF - Joint Operations Facility;
Mônica de Oliveira Santos da Conceição - Projeto BRA/14/G31;
Saenandoah Tiradentes Dutra - Projeto BRA/14/G31.

EM BELO HORIZONTE (16-17/04/2018)

Augusto Valência Rodrigues - Consultor;
Adriana Maugeri - Associação Mineira de Silvicultura;
João Cancio Andrade Araújo - Engenheiro Florestal
Darcio Calais - SINDIFER - Sindicato da Indústria de Ferro no estado de Minas Gerais

EM LAMIM (18-19/04/2018)

Amador Reis de Matos - Produtor - Sítio Martins
Vagner - Produtor (com tio José Gomes da Silva), Fazendas Martins de Baixo e Martins de Cima.
Ronildo Antonio Reis Souza - Produtor - Fazenda Córrego dos Martins
Anselmo Neto Serafim - Produtor - Sítio Chico Antônio
Riuleymar Nogueira Miranda - produtor de mudas e plantador de florestas de eucalipto para terceiros - Sítio Trovão.
Tiago Emmanuel de Almeida - EMATER MG

EM VIÇOSA (19-20/04/2018)

José de Castro Silva - Advocacia Ambiental (Prof. aposentado Ufv).
Sebastião Valverde (Chefe do Departamento de Engenharia Florestal - DEF - UFV);
Diogo (Doutorando - DEF - UFV);
Chris (Doutorado - Energia - DEF - UFV).
Angélica de Cassia Oliveira Carneiro (Professora - DEF - UFV);
Laércio Jacovine (Professor - DEF - UFV);
Eliana Boaventura Alves (Pesquisadora - DEF - UFV);
Bruno Schettine (Doutorando - DEF - UFV);
Marcos Aurélio da Silva Araújo (Técnico em Agropecuária, Secretaria de Agricultura - Prefeitura de Viçosa);
Robson Mariano da Costa (Auxiliar Administrativo, Secretaria de Agricultura - Prefeitura de Viçosa)