

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

**CARVÃO VEGETAL E SIDERURGIA: DE ELO PERDIDO A SOLUÇÃO PARA UM
MUNDO PÓS-KYOTO**

Thiago Fonseca Morello

Orientador: Ricardo Abramovay

SÃO PAULO

2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Profa. Dra. Suely Vilela
Reitora da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Carlos Roberto Azzoni
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. Joaquim José Martins Guilhoto
Chefe do Departamento de Economia

Prof. Dr. Dante Mendes Aldrighi
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia

THIAGO FONSECA MORELLO

**CARVÃO VEGETAL E SIDERURGIA: DE ELO PERDIDO A SOLUÇÃO PARA UM
MUNDO PÓS-KYOTO**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Economia, Administração e Contabilidade da
Universidade de São Paulo como requisito
para a obtenção do título de Mestre em
Economia

Orientador: Ricardo Abramovay

SÃO PAULO

2009

Morello, Thiago Fonseca

Carvão vegetal e siderurgia : de elo perdido a solução para um mundo pós-Kyoto / Thiago Fonseca Morello. -- São Paulo, 2009. 171 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2009
Bibliografia.

1. Recursos energéticos (Economia) 2. Carvão vegetal 3. Biomassa
4. História econômica I. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade II. Título.

CDD – 333.79

**A meu pai (*in memoriam*) que
lutou até o fim, a minha mãe que
lutou como se nunca fosse haver
um fim**

Agradecimentos

A meu orientador Ricardo Abramovay, por me dar, com sua conduta e caráter, um exemplo inigualável de humanidade e vigor científico a ser seguido. Todo e qualquer avanço que eu tenha logrado alcançar na academia teve como bases fundamentais o suporte, o estímulo e a amizade que ele me concedeu.

A minha mãe Adriana Fonseca Morello e a meu irmão Fellipe Fonseca Morello por me proverem do amor com o qual me dedico a meus estudos.

A meus amigos Alexandre Ferraz, André Campion Nicolosi, Daniel Ferraz, Guilherme Penin, João Henrique Palma e Luis Gustavo Bruxel Martins por me acompanharem tanto nos momentos de alegria como nos momentos de dor.

Às pesquisadoras do Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) Marie Gabrielle Piketty e Abigail Falot por terem me dado um tema de estudo, suporte e estímulo intelectual para levá-lo a termo.

Ao CIRAD por todo o apoio e confiança que tem depositado em mim.

Aos professores Gilberto Tadeu Lima e Eleutério Fernando da Silva Prado por terem me transmitido sua paixão pela “dismal science”.

Aos demais professores do Departamento de Economia da FEA-USP, por terem contribuído para minha formação científica.

A todos meus amigos e colegas da FEA e da USP, por terem contribuído não somente para minha formação enquanto profissional, mas principalmente enquanto ser humano.

À FAPESP pelo financiamento e pela eficiência com a qual respondeu a todas minhas demandas.

Aos membros da Arcelor Mittal Florestas (empresa do grupo Arcelor Mittal Brasil), especialmente a Augusto Valencia Rodriguez e Magna Valadares, por terem colocado a meu dispor um riquíssimo acervo de informações, seu conhecimento e sua experiência.

Às secretárias do Departamento de Economia da FEA-USP pela boa-vontade e carinho com que sempre me receberam e auxiliaram.

“We should not expect to find readymade solutions from historical enquiry. History seldom offers examples to be replicated, it rather invites us to improve over past performances. This said, it provides the crutches for social imagination in the process of invention of the future”
(Ignacy Sachs, The biofuels controversy)

RESUMO

Em um mundo cada vez mais temeroso do aquecimento global, o balanço de carbono favorável da siderurgia brasileira a carvão vegetal coloca esta modalidade em evidência após um passado à sombra da grande siderurgia a combustível fóssil. Esta posição de destaque é posta em cheque pelo espectro do desmatamento, mesmo já sendo realidade a certificação de plantações arbóreas que substituam a biomassa florestal e a concessão de créditos de carbono pelo emprego de tecnologias de carbonização de baixo impacto ambiental. Porque o modelo de cultivo e aproveitamento máximo da biomassa encontra resistência para se massificar na siderurgia a carvão vegetal de Minas Gerais, segmento que originalmente o concebeu? O exame crítico da história da produção e do consumo do carvão vegetal em tal estado conduz a uma resposta cujo fundamento repousa sob a maneira pela qual as empresas do segmento destacado alocaram seu capital. A balança por elas utilizada para pesar as aplicações possíveis opôs sistematicamente duas perdas, incertas por natureza. De um lado, a perda referente à possibilidade do estoque de florestas vir a se manifestar enquanto fator limitante às atividades siderúrgicas. De outro, a perda imposta pelo desvio, para a formação de plantações, do capital direcionado a aplicações comumente acessadas em sua trajetória individual de acumulação de capital. As siderúrgicas mineiras a carvão vegetal agiram como se entre elas fosse predominante a concepção de que a magnitude desta última perda seria superior à magnitude da primeira. Analisa-se, no último capítulo, o fomento florestal enquanto uma saída para romper com essa concepção. Demonstra-se que as economias de escala não são uma condição necessária da produção de lenha de eucalipto e do carvoejamento, comprovando-se que estes arranjos, caracterizados pelo compartilhamento de custos e riscos entre siderúrgicas e proprietários rurais, podem ser mutuamente vantajosos do ponto de vista pecuniário.

ABSTRACT

In a global-warming-frightened world, the positive carbon balance of charcoal-based iron & steel making recovers it from a past outshined by the dominance of the large fossil fuel mills. Nevertheless, the risk of not being able to profit from the global decarbonization consensus is material, owing to the dependency on deforestation. This is true even being that the certification of forest-biomass-substituting-arboreal plantations and the concession of carbon credits to low environmental impact carbonization technologies, are already concrete possibilities. Why the model of cultivation and optimal use of biomass has not become dominant among the charcoal based iron & steel mills of Minas Gerais, the industry that has originally conceived it? The answer to which the critical exam of the history of charcoal production and consumption in Minas Gerais state points out is that a non-permissive behavioral principle has predominated among the sector's enterprises. It's the conception that the loss imposed by the outcome where the forest stock becomes a limiting factor for iron & steel making is smaller than the loss imposed by the deviation, to biomass cultivation, of the resources generally directed to traditional capital accumulation opportunities. The forest farmer contract, as a way to break with this conception, is evaluated in the last chapter. The fact that economies of scale are not a necessary condition of eucalyptus plantation and charcoal making is demonstrated, what shows that such arrangements, characterized by the sharing of cost and risk between mills and farmers, can be mutually advantageous from a pecuniary standpoint.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	3
UNIDADES DE MEDIDA.....	3
LISTA DE TABELAS.....	4
LISTA DE FIGURAS	4
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	5
1.1 Marco concreto do estudo	5
1.2 As máculas da siderurgia mineira a carvão vegetal.....	8
1.3 Os reservatórios de carbono	12
1.4 A medida para o “impacto siderúrgico” sobre ecossistemas florestais.....	13
1.5 O foco do estudo.....	16
2 SÉCULO XIX: OS PRIMÓRDIOS	18
2.1 Introdução.....	18
2.2 A questão do consumo de carvão vegetal	20
2.2.1 Identificação da situação do período	20
2.2.2 Identificação dos determinantes da situação.....	21
2.3 A questão da produção de carvão vegetal.....	30
2.3.1 Identificação da situação do período	30
2.3.2 Determinantes da situação	32
2.3.3 Comparação com a situação de outros países	35
2.4 A questão da produção de lenha	39
2.4.1 Identificação da situação	39
2.4.2 Determinantes da situação	39
2.4.3 Comparação com a situação de outros países	42
2.5 Conclusão do capítulo	43
3 SÉCULO XX: EXTRAÇÃO E CARBONIZAÇÃO DA BIOMASSA FLORESTAL ..	45
3.1 Introdução.....	45
3.2 A questão do consumo de carvão vegetal	48
3.3 A questão da produção de carvão vegetal.....	49
3.3.1 O período das Medas (1920-1953).....	49
3.3.2 O período dos fornos de alvenaria (1952-).....	51
3.3.3 Comparação com a situação de outros países	56
3.4 A questão da produção de lenha	59
3.5 Assimetria entre obtenção e aproveitamento siderúrgico do termo-redutor	63
3.6 A produção independente de carvão vegetal.....	66
3.7 Lock-in em tecnologias de carbonização de baixo-aproveitamento de biomassa	67
3.8 Conclusão do capítulo	70
4 SÉCULO XX: A SIDERURGIA A BIOMASSA CULTIVADA	71
4.1 Introdução.....	71
4.2 A condição suficiente para a auto-suficiência siderúrgica em carvão de eucalipto ...	78
4.3 Resistência à auto-suficiência apriorística	82
4.3.1 O problema de mobilização de capital	82
4.3.2 O problema de alocação do capital em plantações.....	88
4.3.3 Forças que desfavoreceram uma decisão apriorística do nível de produção	92
4.4 Conclusão do capítulo	94
5 SÍNTESE DA REVISÃO HISTÓRICA.....	96
6 SÉCULO XXI: O FOMENTO FLORESTAL ENQUANTO TRUNFO	101
6.1 Introdução.....	101

6.2	A possibilidade da análise por fases de produção	103
6.3	Produção de lenha.....	105
6.3.1	Condição para a superioridade pecuniária da produção fomentada.....	105
6.3.2	Captando o compartilhamento dos dispêndios entre as contrapartes.....	108
6.3.3	A função L_{\min}	111
6.3.4	Estimativas.....	112
6.3.5	Parâmetros	112
6.3.6	Resultados.....	113
6.4	Carbonização	116
6.4.1	Especificação do problema	116
6.4.2	Resultados.....	119
6.5	Conclusão do capítulo.....	120
	CONCLUSÃO DO ESTUDO.....	121
	REFERÊNCIAS	124
	APÊNDICES.....	138

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACESITA: Companhia de Aços Especiais Itabira
 ASIFLOR: Associação das Siderúrgicas para Fomento Florestal
 AMB: Arcelor Mittal Brasil
 AMS: Associação Mineira de Silvicultura
 CAF: Companhia Agroflorestal Santa Bárbara
 CSBM: Companhia Siderúrgica Belgo Mineira
 FSC: Forest Stewardship Council
 IEF: Instituto Estadual de Florestas do Estado de Minas Gerais
 IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change
 ISO: International Organization for Standardization
 SINDIFER: Sindicato das Indústrias do Ferro no Estado de Minas Gerais
 V&M: Vallourec & Mannesmann Tubes

UNIDADES DE MEDIDA

Unidades monetárias

Y\$000 \equiv Y mil-réis

XXR\$ \equiv reais de 19XX

19XXCr\$ \equiv cruzeiros de 19XX.

M19XXCr\$ \equiv 1 milhão de cruzeiros de 19XX

19XXbiCr\$ \equiv 1 bilhão de cruzeiros de 19XX

Unidades técnicas

m³L \equiv metro cúbico de lenha

m³CV \equiv metro cúbico de carvão vegetal

tL \equiv tonelada de lenha

tCV \equiv tonelada de carvão vegetal

tFG \equiv tonelada de ferro-gusa

tA \equiv tonelada de aço

ha \equiv hectare de terra

haC \equiv hectare de terra cultivada

mstL \equiv metro estéreo de lenha

Unidades de magnitude

M \equiv 1.000.000 \equiv 10⁶

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Métodos de redução adotados no século XIX e respectivos consumos específicos	20
Tabela 2 - Participação dos métodos na população de fábricas de ferro, século XIX.	21
Tabela 3 - Comparação dos três métodos de redução empregados no século XIX	24
Tabela 4 - perfil do consumo de carvão vegetal pelo setor siderúrgico mineiro em 1964	48
Tabela 5 - Investimentos anuais demandados pela execução do projeto hipotético e sua importância relativa	84
Tabela 6 - Estimativas para os custos variáveis médios por métodos de cultivo e colheita e por contraparte	112
Tabela 7 - Parâmetros adotados para a conversão das unidades de medida em R\$/tCV	112
Tabela 8 - Estimativas para os custos variáveis médios por método de carbonização	117
Tabela 9 - Parâmetros adotados para a conversão das unidades de medida em R\$/tCV (carbonização)	117
Tabela 10 – Custos totais médios para os dois métodos de carbonização sob exame	118

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A Cova (Svedelius: 1875)	31
Figura 2 - A Meda (Overman: 1852)	32
Figura 3 - Fornos rabo-quente (Monteiro: 2004)	52
Figura 4 - Forno de superfície (adaptado de Sabloswki: 2008)	55
Figura 5 - Forno JG (Bastos Filho: 2006)	56
Figura 6 - Forno Missouri (FAO: 2008)	56
Figura 7 - Desenho esquemático de uma retorta (FAO: 2008)	58

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Marco concreto do estudo

O Brasil é o detentor do maior e mais tecnologicamente desenvolvido parque siderúrgico a carvão vegetal do mundo (Rosillo-Calle & Bezzon: 2000, IBS: 2007). Internacionalmente, o uso do carvão derivado da madeira foi difundido somente na fase geralmente denominada pré-capitalista da siderurgia, sendo logo substituído pelo carvão mineral, um combustível de origem fóssil (Baer: 1962, Gomes: 1983, Valverde: 1989).

Não foi, porém, essa a trajetória seguida no Brasil, apesar das previsões de alguns estudiosos do desenvolvimento econômico nacional apontarem para a transitoriedade da via vegetal. Werner Baer (1969), em seu livro sobre a siderurgia brasileira (Baer: 1969), manifesta essa opinião. Mesmo depois da introdução de grandes plantas siderúrgicas movidas a carvão mineral no país, a partir de meados da década de 1940, conservou-se aquele segmento do setor cujo único sentido, aos olhos de tais intérpretes, restringia-se a dar lugar à “moderna siderurgia” (Rosillo-Calle et al: 1996).

Desde fins do século XIX puderam ser elaboradas, no País, soluções tecnológicas adaptadas à melhoria do desempenho técnico e econômico da siderurgia a carvão vegetal, desafiando-se, pois o paradigma siderúrgico mundial. Este último se caracterizava (e se caracteriza ainda hoje) pela extração de economias de escala do aumento contínuo do tamanho de alto-fornos movidos à queima do carvão fóssil (Baer: 1969, Rosillo-Calle et al: 1996), para além de tamanhos para os quais o uso de carvão vegetal seria possível¹ (Gomes: 1983).

Nenhum outro estado levou tão longe essa solução tipicamente brasileira quanto o de Minas Gerais: o maior parque produtor de ferro-gusa do mundo está localizado no centro-oeste desse estado (MME: 2004), em que se concentrava 57% da produção nacional em 2007 (SINDIFER: 2007), obtida, pois, do carvão vegetal. É também em Minas Gerais que está concentrada a produção de aço brasileira movida a termo-redutor vegetal (Valverde: 1989, Barton: 1998, Rosillo-Calle & Bezzon: 2000).

A competitividade da siderurgia brasileira a carvão vegetal manifesta-se, sobretudo, no aspecto ambiental (IBS: 2008, Rosillo-Calle & Bezzon: 2000). Isso, pois, o carvão mineral além de ser um combustível fóssil, ou seja, não renovável, libera enxofre quando queimado,

¹ O carvão vegetal possui uma desvantagem em relação ao mineral, no que tange à propriedade física de resistência mecânica, a qual é menor para o primeiro, o que impede a construção de alto-fornos que dele se alimentam tão grandes como seria possível se a alternativa mineral fosse escolhida (AMS: 1975).

um gás nocivo para a vida humana, o qual pode gerar chuva ácida (Rosillo-Calle et al : 1996, Sampaio et al: 2007).

De modo diferente, o processo de produção do carvão vegetal não se inicia com a extração de reservas fósseis, mas sim com o crescimento das árvores a serem carbonizadas, e com baixa emissão de enxofre (Sampaio et al: 2007, Rosillo-Calle et al: 1996, Fruehan: 2004). Ao final, o insumo em questão - tal como sua variante mineral -, desempenha uma dupla-função na fusão do minério de ferro: transfere energia para iniciar a reação química e, enquanto reagente, libera átomos de carbono (C), os quais compõem moléculas de monóxido de carbono (CO). Estas últimas, por sua vez, reagem com as moléculas de óxidos ferrosos (Fe_2O_3) em que consiste o minério de ferro, liberando o átomo de ferro (Fe). Assim obtém-se o ferro bruto ou ferro-gusa, produto intermediário para a produção do aço (Baer: 1969, ABM: 1975, Romeiro: 1997), bem como o ferro-fundido, utilizado para produção de peças de automóveis e outros aparatos como painéis e utensílios de cozinha (Romeiro: 1997).

Moléculas de gás carbônico (CO_2) são liberadas como subprodutos da reação, indiferentemente da origem do termo-redutor utilizado. A diferença está, porém, no fato de que o carvão vegetal pressupõe um processo de crescimento vegetal que tem como uma de suas características fundamentais a absorção do gás carbônico atmosférico. Da perspectiva de todo o processo de produção do carvão (ou, mais precisamente, do se que entende por ciclo de vida, Sablowski: 2008), pode-se dizer que, enquanto a variante vegetal possui dois momentos, um de seqüestro do carbono, e outro de liberação, a variante mineral representa uma liberação pura de carbono, sem qualquer compensação (Sampaio et al :2007, Sablowski: 2008).

Essa diferença entre os dois tipos de carvão² assume grande importância na atualidade – o próprio Instituto Brasileiro de Siderurgia o sugere, em seu relatório anual de 2008, IBS: 2008. Segundo Veiga (2008), Hansen (2008), Holdren, (2008), Homer Dixon, (2006), o aquecimento global gerado pela emissão de gases-estufa como o gás carbônico é a mais grave questão ambiental do século XXI. Isso parece ser verdade especialmente para o setor siderúrgico mundial: na Europa, a produção de aço foi responsável por 6% das emissões de gás carbônico em 2005 (ESTEP: 2005), tratando-se de um setor prioritário no que tange ao

² Outra importante diferença é a de que o uso do carvão vegetal permite a obtenção de um aço de melhor qualidade, sem a necessidade do procedimento de “dessulfurização” (IBS: 2008, AISI: 2001, Rosillo-Calle & Bezzon: 2000).

cumprimento das metas de redução de emissões de gases estufa, tal como definidas no protocolo de Kyoto e em outros acordos multilaterais dele decorrentes (ESTEP: 2008)³.

A principal resposta das siderúrgicas europeias às ameaças representadas pelas metas de controle de emissões – as quais se manifestam já há algum tempo enquanto aumento de custos de produção, devido à criação, por governos nacionais, de sistemas de compra de permissões para emitir além de patamares pré-especificados, como é o caso na Alemanha (Ball: 2006) - é o consórcio Ultra Low CO₂ Steel Making (ULCOS), o qual reúne 45 corporações europeias do setor siderúrgico pertencentes a quinze países, institutos de pesquisa e universidades, sendo apoiada financeiramente pela Comissão Européia. O orçamento é de € 59 milhões (ULCOS: 2008, ESTEP: 2005 e 2008, AMELING: 2006).

Trata-se de um programa de pesquisa e desenvolvimento voltado a tecnologias siderúrgicas de baixa emissão de gás carbônico, iniciado em 2004, cuja primeira fase (pesquisa), terminará em 2010, ano em que a segunda fase (desenvolvimento), será iniciada. A Arcelor-Mittal (a maior produtora de aço do mundo) tem a função de dirigir o programa. O término está previsto para o ano de 2015 (ULCOS: 2008).

Dentro do projeto ULCOS, uma das opções para a redução das emissões de gases estufa, é o emprego de carvão vegetal (de plantações de eucalipto) nos alto-fornos (Piketty et al: 2008, AMELING: 2006).

Outra experiência internacional de interesse é a do Center for Ironmaking & Steelmaking Research da Universidade americana Carnegie Mellon de Pittsburgh, Pennsylvania. Este centro, em conjunto com o American Iron and Steel Institute (AISI) e empresas domésticas do setor siderúrgico, iniciou um programa de pesquisa em 2001 em que um dos principais objetivos era estudar a possibilidade de fabricar aço a partir de carvão vegetal, visando, com isso, reduzir as emissões de gases estufa em 90% (AISI: 2001). O resultado foi positivo: em 2004, o relatório final comprova que o uso substitutivo de carvão vegetal, em aparelhos alternativos aos alto-fornos - denominados “rotary hearth-furnaces”, Fruehan: 2004 -, é plenamente possível, podendo inclusive se dar a partir do aproveitamento de fontes de biomassa vegetal geralmente descartadas, como madeiras liberadas pela demolição de construções (Fruehan: 2004).

Nesse contexto internacional a rota do carvão vegetal, a partir da qual em torno de 20% da produção de aço brasileira é levada a cabo (IBS: 2008⁴), deixa de ser vista como elo perdido

³ O setor siderúrgico alemão comprometeu-se a reduzir em 22% as emissões de gás carbônico até 2012, a partir do ano base de 1990.

da siderurgia, passando a afigurar-se, na esfera mundial, como solução para a descarbonização de tal setor (Brito et al: 2006).

1.2 As máculas da siderurgia mineira a carvão vegetal

O argumento de seqüestro compensador de carbono, com base no qual se defende a superioridade ambiental da siderurgia a carvão vegetal, pressupõe a verificação de uma condição fundamental, qual seja a reposição do material lenhoso carbonizado (Salomon & Johnson: 2009). Se não for possível garantir isso, o argumento não se sustenta, uma vez que a quantidade de carbono lançada na atmosfera pela conversão da biomassa em carvão não será compensada pela absorção. Esta somente é possível ao longo do ciclo de crescimento de uma árvore similar a convertida em carvão, no que tange à capacidade de absorção de carbono.

Quanto a isso, na atualidade, 50% do consumo siderúrgico de termo-redutor vegetal, no Brasil, é alimentado com uma produção que se apóia na supressão, sem qualquer medida compensatória, de florestas (AMS: 2007). O restante tem na plantação de eucaliptos, uma espécie arbórea nativa da Austrália e trazida ao país em 1904, sua fonte de lenha (AMS: 2007).

A exploração de florestas de modo indiscriminado e sem a observância de qualquer critério de conservação da capacidade natural de regeneração – o que não caracteriza uso, mas sim supressão de florestas – continua, portanto, a dar importante contribuição à manutenção das atividades siderúrgicas no país. Trata-se de algo que remete à história da siderurgia a carvão vegetal não somente no Brasil, mas no mundo.

Na Suécia - um país cuja economia sempre teve nas atividades de exploração florestal seus principais setores (Heckscher: 1954) - foi instituída, no século XVII, uma lei para demarcar as áreas florestais cuja exploração, por parte das forjas de ferro, precursoras das usinas siderúrgicas modernas, seria permitida. Na Inglaterra dos séculos XV- XVII, entre as ameaças ao desenvolvimento da produção de ferro e aço, a escassez de florestas passíveis de serem convertidas em carvão (Cipolla: 1981, Nef: 1932) era a principal. Tal escassez constituía-se na razão pela qual boa parte do consumo nacional de produtos siderúrgicos e de derivados

⁴ Segundo o relatório do IBS, cerca de 80% do aço produzido no país o é por meio da “rota tecnológica integrada à base de carvão mineral” (IBS: 2008). A partir das estatísticas divulgadas pelo Sindicato das Indústrias do Ferro no Estado de Minas Gerais (SINDIFER, 2008), referentes à produção de ferro-gusa pelas siderúrgicas integradas (cujo produto final é o aço) a carvão vegetal e a carvão mineral e ao consumo interno de ferro-gusa de produtores independentes, é possível estimar que 18% do gusa consumido pela produção de aço brasileira advém da queima de carvão vegetal. Esse resultado pode ser tomado como uma proxy para a participação da produção de aço derivada do combustível de madeira, na produção total de aço.

vinha sendo satisfeita com importações advindas de países europeus cujo estado de conservação das florestas era superior – entre eles a Suécia (Cipolla: 1981, Nef: 1932, Heckscher:1954, Gale: 1967). É por isso que o uso de carvão mineral em substituição ao vegetal emergiu como uma invenção inglesa (Gale: 1967). Essa invenção permitiu eliminar também nos Estados Unidos, na França e na Alemanha, o gargalo ao desenvolvimento da siderurgia imposto pela exaustão já avançada das florestas nas localidades em que a atividade avançava (White: 1928, Taussig: 1900, Brose: 1985, Pounds: 1957).

Para o período que se estende de 1955 a, pelo menos, 1980, não menos do que 80% - vide tabela no apêndice à introdução geral para a demonstração de que a proporção de 80% não pode ter sido superada antes de 1980 - do consumo anual de carvão vegetal associado à produção de ferro e aço em Minas Gerais foi alimentado com a derrubada de florestas nativas, entre as quais estiveram compreendidas reservas de Mata Atlântica e de Cerrado (Thibau & Azambuja: 1973, Dean: 2004, Valverde: 1989). Antes de 1955 o patamar era de 100%, já que foi somente em tal ano que a empresa pioneira no recurso às plantações de eucalipto cortou sua primeira árvore desta espécie (Moyen: 2007). Somente a partir da década de 1990 é que o recurso à mata nativa deixou de ser predominante (vide tabela no apêndice ao final deste capítulo).

A história do carvão vegetal é, portanto, uma história inexoravelmente associada à supressão de florestas. Apesar do esforço que vem sendo feito por alguns industriais mineiros para romper com esse espectro projetado pelo passado, apostando em uma siderurgia cuja fonte de carbono está em plantações arbóreas, e não em sistemas naturais de alto valor ecológico, a vitória está longe de ser completa. De acordo com o último anuário da Associação Mineira de Silvicultura, em 2006 a participação do carvão de origem nativa foi não-inferior a 15% do suprimento de termo-redutor do estado – proporção a que se chega tomando-se a razão entre o consumo nacional de carvão vegetal de eucalipto e o consumo de carvão vegetal de Minas Gerais, reportados em AMS (2007).

É por isso que, mesmo sendo que a siderurgia mineira a carvão vegetal ganha, na atualidade, a imagem de experiência bem-sucedida de combate ao aquecimento global, a persistência do apoio na supressão florestal se põe como uma mácula indelével e capaz de ofuscar as benesses ambientais associáveis a tal segmento. Essa possibilidade nem de longe pode ser dita remota, quando a estimativa de que 55 a 75% das emissões de gases estufa brasileiras decorrem da remoção de cobertura vegetal nativa, ganha ampla difusão internacionalmente (Mckinsey: 2009, Veiga: 2009).

Outro espectro que paira sobre o setor no Brasil e em Minas Gerais, é o da persistência de métodos de conversão da biomassa em termo-redutor de baixo desempenho, os quais subaproveitam a lenha (Brito et al: 2006). Conforme é revelado por pesquisadores da ciência da carbonização e, em geral, do enriquecimento energético da madeira, os quais atuam em toda a siderurgia a carvão vegetal brasileira, 60% do carvão destinado a alto-fornos, no país, é oriundo de fornos rabo-quente (Sampaio et al: 2007). Trata-se de aparatos rudimentares, construídos com tijolos, cuja estrutura dificulta o controle do processo de pirólise, impedindo, portanto, a otimização do coeficiente de conversão de toneladas de lenha em toneladas de carvão. Não é tecnicamente viável, em tais fornos, a recuperação de gases emitidos pela carbonização. Lança-se, portanto, na atmosfera, compostos que poderiam ser convertidos em substâncias úteis, como o ácido pirolenhoso e o alcatrão, contribuindo-se, de tal modo, para o aquecimento global e também para a disseminação de poluentes.

Diametralmente oposta é a situação prevalecente em plantas de carbonização de empresas como Vallourec & Mannesmann (V&M) – corporação que controla atualmente a antiga Mannesmann Siderúrgica -, Arcelor Mittal Brasil (AMB) – corporação que reúne hoje as empresas antes denominadas por Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira (CSBM) e Companhia de Aços Especiais Itabira (ACESITA) - e Plantar Energética S/A, todas elas apoiadas em plantações de eucaliptos certificadas por órgãos internacionalmente reconhecidos como o Forest Stewardship Council (FSC) e a International Organization for Standardization (ISO). A última citada pôde fazer jus ao recebimento de créditos em dinheiro por conta de um projeto de mitigação da emissão de gás metano – cujo potencial de aquecimento global, segundo IPCC (2007), é 25 vezes superior ao do gás carbônico – na carbonização, mérito cujo fundamento está na implementação de fornos pouco mais sofisticados do que os tradicionais rabo-quente e de procedimentos de operação dos mesmos. As duas outras empresas citadas têm se empenhado na obtenção de financiamentos de uma mesma natureza, i.e., associados à aprovação de projetos de mecanismo de desenvolvimento limpo, junto ao Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) da Organização das Nações Unidas. A V&M possui fornos de carbonização equipados para recuperar compostos voláteis e a AMB criou um sistema que permite o reaproveitamento dos gases de carbonização para secagem da lenha, antes da introdução nos fornos e também aparelhos que queimam os tais gases (evidências colhidas em trabalho de campo).

Não se pode, portanto, falar que uma siderurgia não-intensificadora do efeito estufa é mera elucubração ou futurologia. Muito pelo contrário, trata-se de algo com existência concreta na

Minas Gerais do século XXI, apesar de ainda pouco representativa. Quanto a isso vejamos: o cômputo do consumo de carvão vegetal das três firmas mencionadas, o qual pode ser estimado em no máximo 4 Mm³CV/ano, com base em dados colhidos em trabalho de campo realizado em 2008, não supera a marca de 20% do consumo do estado de Minas Gerais em 2006, cuja cifra é de 21Mm³CV/ano (segundo AMS: 2007).

Porque o modelo de cultivo e aproveitamento máximo da biomassa encontra resistência para se massificar na siderurgia a carvão vegetal de Minas Gerais, segmento que originalmente o concebeu?

A primeira hipótese sugerida pela teoria econômica é a de que a transição referida não se coloca, para os agentes que têm como atribuição tomá-la, enquanto uma decisão pecuniariamente vantajosa. Essa hipótese é instantaneamente refutada pelas evidências que deram base à formulação da pergunta à qual ela tenta responder. Se existem empresas, na atualidade, que adotam práticas de cultivo e otimização da biomassa para fins de termo-redução, ou isso se deve ao fato de que (i) não se trata de um investimento pecuniariamente perdedor, ou então ao fato de que (ii) esses “agentes” não se pautam, em suas decisões, pelo critério de racionalidade econômica. Em ambos os casos a explicação “ortodoxa” não se aplica, já que, sob o primeiro, não é possível explicar o comportamento das empresas que se mantêm dependentes da floresta e de métodos rudimentares de carbonização. Quanto ao segundo, é preciso de outro fundamento comportamental que não a racionalidade econômica, para entender o comportamento daqueles que optam pela siderurgia não-agressiva do ponto de vista climático.

Fica, portanto, demonstrado que a elaboração de uma resposta para a questão colocada pressupõe uma análise mais ampla do tema. Entre as diversas trajetórias metodológicas que podem ser percorridas para levar a termo essa tarefa, seleciona-se a da reconstituição da história da siderurgia mineira a carvão vegetal. Metodologicamente, portanto, o estudo ora introduzido ao leitor deve ser classificado como um exercício de história econômica, em que se busca responder uma questão circunscrita a um período específico, recuperando alguns eventos que culminaram, no passado, para atribuir sentido a ela.

Antes de apresentar a estratégia de encaminhamento, é preciso dar alguns passos lógicos, de modo a esclarecer dois pontos centrais ao tema. É o que é feito nas duas seções seguintes.

1.3 Os reservatórios de carbono

A reação química fundamental do processo de obtenção de ferro, a redução do minério de ferro, depende da introdução, no alto-forno, de uma substância rica em carbono (elemento químico representado pelo símbolo “C”). Tanto o carvão de origem mineral quanto o de origem vegetal podem cumprir esse papel. As florestas e jazidas minerais das quais se retirou cada um dos tipos de carvão, se colocam, pois, do ponto de vista da finalidade a que servem para a siderurgia, estritamente enquanto reservatórios de carbono⁵⁶.

Há, não obstante, distinções relevantes entre essas duas fontes primárias. A mais ressaltada na literatura opõe o caráter fóssil do carvão mineral⁷ ao caráter renovável da biomassa florestal (Rosillo-Calle et al :1996, Rosillo-Calle & Bezzon: 2000, Fruehan: 2004, Sampaio et al: 2006, Sampaio: 2008). Porém, como esclarecem os livros que tratam da “economia dos recursos naturais”, se a biomassa vegetal é renovável, isso somente é verdade quando são respeitados limites ao acesso à mesma (Fischer: 1981, Conrad: 1999, Daly & Farley: 2006). Violando-se tais limites, não se pode garantir que a reposição do estoque, realizada por forças naturais, será plena.

Eis que a distinção entre as duas fontes primárias de carbono, acessadas pela siderurgia, parece tornar-se menos marcante. O fundamento que dá lugar a essa impressão pode ser depreendido quando o foco da análise é voltado para o plano dos processos naturais de

⁵ Segundo Greb et al (2006), Gale (1967), Overman (1852), o processo de coqueificação é similar e visa o mesmo objetivo do processo de carbonização da biomassa: quebrar a estrutura do minério de carvão, aumentando seu teor de carbono – trata-se, pois, de um processo de pirólise, assim como o processo de carbonização da biomassa. É de especial importância, na coqueificação, a eliminação do enxofre, elemento que ocorre em quantidade suficiente para tornar proibitivo o emprego do carvão mineral sem beneficiamento nos alto-fornos. A conclusão que se tira disso é a de que tanto o carvão mineral quanto a biomassa são fontes primárias de carbono, da perspectiva do processo de produção do ferro-gusa, e, por decorrência do aço.

⁶ «La nature nous offre le carbone comme combustible sous trois états: dans le premier, il fait partie de combinaisons organiques avec l'oxygène, l'hydrogène et quelquefois avec une très-faible proportion d'azote dans les végétaux, dont il forme en quelque sorte le squelette ou la charpente; c'est le bois.

Dans le deuxième, il est encore engagé dans des combinaisons organiques analogues, mais dans des plantes herbacées qui ont végété sous les eaux et dont les détritux s'y sont accumulés avec le temps en masses plus ou moins considérables; c'est la tourbe.

Dans le troisième enfin, il est à peu près pur, solide, noir, compacte, pourvu de caractères extérieurs et de propriétés très-variables, toujours combiné avec une certaine quantité d'hydrogène, mais non constante et toujours en outre mélangé avec une petite proportion, variable aussi, de pyrites de fer et de quelques matières fixes qui vicient, d'autant sa qualité. On l'extrait comme minéral de certains terrains sédimentaires. Mais son origine est incontestablement organique. C'est la houille, l'anthracite et le lignite (Guillot 1872)»

⁷ Não se utiliza, em Português, uma palavra específica para designar o minério e o carvão obtido por meio da pirólise (quebra de estrutura química pela ação do calor) deste minério. Em inglês, o minério é denominado “coal” e o carvão “coke”, nomenclatura que torna mais preciso o discurso. É inevitável, portanto, a confusão entre o insumo e o produto da coqueificação, na língua portuguesa, uma vez que o primeiro é incorretamente designado por um termo que somente se aplica, do ponto de vista do processo de produção que relaciona ambos, ao último.

geração das jazidas minerais e das florestas. Neste, fica desde o início patente que as fases ao longo das quais se desenvolvem cada um dos processos mencionados são peculiares. Menos evidente, talvez, é o fato de que o trabalho necessário para levar a cabo ambos os processos, é, indistintamente, realizado pela natureza.

Daí porque, não somente o carvão mineral, mas também seu substituto advindo da biomassa florestal, pode estar sujeito a um grau de escassez considerável: o estoque de ambos não resulta de um ato humano de produção, mas sim de desdobramentos inerentes ao metabolismo de sistemas naturais, não diretamente controláveis pela humanidade.

Dessa perspectiva, a transição da siderurgia a carvão vegetal para a siderurgia a carvão mineral, a qual, para os países desenvolvidos, iniciou-se na Inglaterra no século XVIII (Gale: 1967, Hammersley: 1973), tornando-se predominante no século seguinte, não representou avanço algum. Pelo contrário manteve-se intacto o padrão de consumo de fontes primárias naturais de carbono.

Somente no Brasil da segunda metade do século XX é que tal padrão foi quebrado – em um contexto, porém restrito em termos de abrangência, conforme já denotado. A implementação exitosa, em escala industrial, de plantações de eucalipto destinadas ao suprimento de carbono para a redução do minério de ferro, demonstrou a possibilidade de um paradigma alternativo, caracterizado pelo consumo de fontes primárias cultivadas de carbono.

Sob este novo modelo, as siderúrgicas devem se ocupar, adicionalmente, de uma tarefa prévia à exploração dos reservatórios de carbono: o cultivo, i.e., a produção da lenha que dará origem ao termo-redutor desejado. “Internaliza-se” – para usar um termo da moderna teoria econômica, ainda que de maneira pouco criteriosa – uma tarefa que cabe, nas duas rotas tecnológicas alternativas, à natureza.

1.4 A medida para o “impacto siderúrgico” sobre ecossistemas florestais

É atribuída a Adam Smith a concepção de que “decisões tomadas individualmente serão, de fato, as melhores decisões para a sociedade como um todo (tradução livre de Hardin: 1968)”. A possibilidade de fracasso dessa premissa, quando estão em jogo problemas de alocação de recursos naturais, é demonstrada pelo artigo de Hardin (1968). Entre os diversos exemplos de situações em que o livre arbítrio pode mostrar-se deletério, o que ficou consagrado na literatura, é o de pastoreio em um campo de uso comum. Uma vez que cada pastor apropria individualmente o ganho, em receita, de incluir mais uma cabeça de gado em seu rebanho, e que o desgaste do pasto, gerado por tal inclusão, é compartilhado por todos os pastores – de

modo que nenhum pastor suporte, individualmente, todo o impacto negativo do aumento do rebanho coletivo - sempre há incentivo pecuniário para que os rebanhos individuais sejam aumentados (Hardin: 1968).

O aumento progressivo do rebanho coletivo, por sua vez, aponta para a exaustão do pasto da área de uso comum. Anuncia-se, a cada momento, uma tragédia, a de impossibilidade de aproveitamento do campo, tornando-se cada vez mais iminente a constrição à reprodução material dos pastores (Hardin: 1968).

A principal contribuição do texto de Hardin (1968) está em apontar com clareza que o uso coletivo de recursos naturais, na ausência de critérios que restrinjam o usufruto individual – situação na qual o recurso natural se coloca enquanto um “common”⁸-, conduz à super-exploração do estoque. Essa a tragédia dos “commons”.

É necessário apontar que a tragédia dos “commons”, em sua formulação original, leva em conta somente um dos canais pelos quais o consumo de um recurso natural pode redundar na exaustão de seu estoque. Trata-se do canal “extensivo”, i.e., aquele para o qual o determinante da exaustão é o aumento da produção (no exemplo original, de cabeças de gado) do elemento intensivo no recurso natural. A demanda de recurso implícita em uma unidade de produto – quanto cada cabeça de gado consome de pasto -, e os impactos da técnica de extração do recurso de seu repositório – a maneira pela qual a cobertura vegetal da área de pastoreio é subtraída -, não são levadas em conta. Ambas constituem-se em determinantes potenciais da exaustão de um recurso natural, tanto quanto o canal “extensivo”.

O mais convincente argumento de que se lança mão para eximir a siderurgia a carvão vegetal da responsabilidade pela exaustão das reservas florestais de uma determinada região, se desenvolve no mesmo plano lógico do raciocínio de Hardin (1968), i.e., o do canal extensivo. Trata-se do seguinte enunciado: o desmatamento induzido com o intuito de alimentar alto-fornos com biomassa florestal carbonizada, nunca atingiu, na região de interesse, uma magnitude relevante, comparativamente àquela correspondente às atividades agropecuárias e demais atividades dependentes da floresta (como a indústria madeireira ou o setor de papel e celulose)⁹.

⁸ Daly & Farley (2006) denominam essa situação de “open-access regime”.

⁹ Esse argumento é recorrente em documentos publicados por membros das siderúrgicas mineiras, dos quais cabe citar: Corrêa (1979), CAF-CSBM (1981) e Osse (1986). Na entrevista a um representante do Sindicato das Indústrias do Ferro no Estado de Minas Gerais (SINDIFER), no mês de Maio de 2008, o mesmo argumento foi invocado (SINDIFER: 2008). Um dos ex-diretores da empresa que concebeu o eucalipto enquanto fonte primária de carbono, para a siderurgia, também se valeu do raciocínio em questão (CAF: 2009).

A exigüidade relativa da intervenção em florestas, rastreável ao suprimento siderúrgico, é comprovada por diversos estudos, como o de Hammersley (1973), em que se analisa o contexto da Inglaterra entre os séculos XVI a XVIII, o de Kengen (1985), no qual é comentado o problema de supressão da cobertura florestal original de Minas Gerais, o de Dean (2004), em que a mata atlântica, um dos biomas de maior valor ecológico do Brasil, é o horizonte de análise.¹⁰

Porém, o fato de que a exploração de florestas pela siderurgia, tenha se revelado historicamente pouco expressiva em termos relativos, não é condição suficiente para eximir a atividade de responsabilidade pela degradação de reservas florestais. É preciso retomar o plano lógico rejeitado pelo enunciado original da tragédia dos “commons”, qual seja o plano das “questões técnicas”, como denominado pelo próprio Hardin (1968), ao delimitar negativamente o escopo de seu artigo.

A necessidade de fazer isso, quando estão em foco recursos florestais, é clara. As florestas são sistemas ecológicos complexos (Daly & Farley: 2006, Montagnini & Jordan: 2005): o impacto de uma intervenção humana tende a ser mais do que proporcional à sua extensão – medida em hectares de floresta modificados –, e, além disso, a magnitude da extensão é não mais relevante do que a intensidade – medida em volume de biomassa extraído por hectare explorado – da intervenção¹¹.

O problema da intensidade é de fundamental importância, uma vez que, conforme mencionado na seção anterior, do ponto de vista da siderurgia, uma floresta é nada mais do que um reservatório de carbono, tal como uma jazida de carvão mineral. Um corolário dessa premissa é o de que qualquer diferenciação entre os indivíduos que compõem a floresta, seja

¹⁰ Em um documento encontrado no arquivo da Arcelor Mittal Florestas, antigamente conhecida como Companhia Agroflorestal Santa Bárbara (CAF), o serviço florestal da CSBM, após a apresentação de algumas premissas que não cabe reproduzir aqui, podemos ler: “Concluí-se que o Estado de Minas Gerais foi efetivamente desmatado para a produção de carvão vegetal em 4,3%. As causas principais foram a agricultura nômade, a pecuária extensiva e incêndios (CAF-CSBM: 1985).”

¹¹ Na última década do século XIX, desencadeou-se, como resultado da transferência para os estados de terras públicas até então de controle federal, uma violenta disputa por propriedade fundiária. Dean (2004), analisando este fenômeno, afirma:

“É importante observar que, ao longo dessa contenda, o que estava realmente em jogo não era a terra, ou a propriedade, embora a contenda fosse assim definida na época pelos que dela participavam, e mesmo pelos que interpretam sua história. O prêmio era, de fato, a biomassa viva das árvores – que seria reduzida a cinzas –, o leito do chão da floresta, a camada de húmus, a vida de micróbios e insetos que habitavam esses estratos e os nutrientes contidos no horizonte do solo abaixo dela. Esses recursos vivos, orgânicos e minerais eram tudo o que a terra continha e de que se poderia extrair lucro.”

por conta das espécies que representam, ou dos estágios de desenvolvimento em que se encontram, é irrelevante. Para a siderurgia, todas as árvores de uma floresta são, igualmente, receptáculos de carbono prontos para serem aproveitados.

Deste modo, qualquer que seja a extensão da intervenção siderúrgica em uma floresta, a intensidade dessa intervenção tende a atingir o valor máximo, i.e., há uma tendência a suprimir toda a vegetação de uma determinada área, qualquer que seja o tamanho desta. O recurso de tomar como indicador de impacto sobre a floresta, a extensão de floresta desmatada, pode levar, portanto, a um equívoco não-desprezível, uma vez que o impacto sobre a capacidade de recuperação da floresta é magnificado pela intensidade da exploração (Montagnini&Jordan:2005).

1.5 O foco do estudo

As decisões que se mostram relevantes, de acordo com a questão em torno da qual se organiza o estudo, são:

1.Decisão pelo nível de produção: nesse estágio a siderúrgica enfrenta o problema de determinação da magnitude de ferro-gusa a ser produzida em um determinado instante. Essa magnitude é um dos determinantes da extensão da intervenção em florestas. Seus principais determinantes, por sua vez, pertencem à esfera dos mercados de produtos finais em que a empresa atua, sendo eles, por exemplo, preços dos produtos, poder de mercado detido, competitividade da empresa, etc.

2.Decisão pelo método¹² de redução: é o estágio em que a siderúrgica decide pela taxa de conversão de carvão em ferro-gusa - a qual será denominada, no que segue, consumo específico, sendo mensurada em tCV/tFG. A magnitude dessa variável é diretamente proporcional à extensão da intervenção. Trata-se de uma escolha entre diversas possibilidades de combinação de métodos de redução do minério de ferro e de estratégias para reduzir o consumo de carvão.

3.Decisão pela tecnologia de carbonização: trata-se do estágio em que se dá a escolha entre as tecnologias de carbonização disponíveis, as quais diferem em termos do poder de controle do processo de carbonização que possibilitam ao operador, à habilidade e esforço exigidos deste, à maneira pela qual a carga de madeira e a descarga de carvão podem ser realizadas, se de maneira mecanizada ou não, etc.

¹² Utiliza-se intercambiavelmente no que segue as palavras “método” e “tecnologia”.

4.Decisão pela técnica de exploração: a exploração florestal pode ser ajustada para uma intensidade, medida em m³L/haC, inferior à de uma supressão florestal, situação em que toda a cobertura vegetal é removida. A magnitude da intensidade também determina, indiretamente, a extensão da intervenção. Quanto menor o volume de lenha extraído por hectare, maior terá de ser o número de hectares explorados para suprir um mesmo nível de consumo de termo-redutor.

5.Decisão pelo cultivo de plantações: a decisão de investir em fontes primárias cultivadas de carbono, como observado na seção anterior, redundará na substituição das fontes naturais de carbono. A proporção do consumo de termo-redutor suprida com carvão de eucalipto, doravante, é, obviamente, inversamente proporcional à extensão da intervenção que uma siderúrgica pode dirigir a uma floresta.

O objetivo do presente estudo é apreender, do exame da história da siderurgia a carvão vegetal no estado brasileiro de Minas Gerais, os principais fatores que influenciaram as quatro últimas decisões discriminadas, bem como os canais pelos quais tais influências foram exercidas. A primeira decisão não será tratada como um objeto específico de investigação, sendo colocada em questão apenas em sua relação com as demais decisões. Na terminologia de Hardin (1968), o escopo do estudo restringe-se às “questões técnicas” da história da intervenção siderúrgica em ecossistemas florestais.

Os capítulos 2 e 3 constituem-se em um estudo de história econômica comparativa, já que os desenvolvimentos que se estendem do início do século XIX até a década de 1960, em Minas Gerais, podem ser sistematicamente postos em relação com desenvolvimentos alcançados em outros países em que tal modalidade de siderurgia era relevante. Dado que, após este período, o setor manteve-se vivo somente no Brasil, a análise do capítulo 4 se restringe a Minas Gerais. Como próximo passo é feita, à luz da teoria keynesiana do investimento, a síntese da recuperação histórica. A isso segue, então, no capítulo 6, uma análise do setor na atualidade, precedida por uma breve conclusão geral.

2 SÉCULO XIX: OS PRIMÓRDIOS

2.1 Introdução

No início do século XIX, Minas Gerais vivia uma situação em que, como aponta Baeta (1973) “*o declínio da mineração solapava impiedosamente uma estrutura econômica embevecida no delírio do ouro.*” As jazidas haviam se tornado escassas, e a inexistência de uma produção de ferro doméstica impunha a necessidade de importar-se as ferramentas necessárias à mineração, dois motivos que levavam à corrosão dos lucros obtidos na atividade. A agricultura era incipiente e também afetada pelo alto custo das importações de ferramentas. Segundo Baeta, o fator material fundamental que teria motivado a instalação da indústria do ferro em Minas Gerais fora a possibilidade de se reduzir os custos de obtenção de instrumentos necessários à atividade agrícola e de mineração.

O grau de desenvolvimento atingido no Brasil pela atividade siderúrgica - entendida essa, em sentido amplo, enquanto processamento do minério de ferro para fins diversos – no século XIX não teve precedentes. Antes desse século, a fabricação de ferro, primeira forma de manifestação da siderurgia no país, ocorreu de forma isolada tanto no tempo como no espaço. Somente em 1795 é que a coroa portuguesa passa a permitir a fundação de fábricas de ferro no país. Com a vinda da família real ao Brasil – à época ainda uma colônia –, em 1806, medidas de apoio e incentivo à atividade em questão, centralmente dirigidas, passam a ser executadas. Abre-se aquele que, segundo Oliveira (1902), foi o período inicial da indústria do ferro em Minas Gerais, caracterizado pelo “*pelo aparecimento das fabricas de ferro do morro do Gaspar Soares* [a real fábrica de ferro do morro do Pilar, primeira fábrica de ferro da província de Minas Gerais (Bovet: 1883), fundada pelo Intendente da Real Extração dos Diamantes, Manoel Ferreira da Câmara Bitencourt e Sá, o intendente Câmara, em 1809, manteve-se em atividade até 1821], *de Itabira do Campo, Congonhas do Campo* [denominada Fabrica Patriótica, foi dirigida pelo engenheiro alemão Barão de Eschwege, entre 1812 e 1822 (Eschwege: 1833)] *e a importante fabrica de Monlevade.*”

As três primeiras fábricas foram construídas às expensas e por vontade da coroa portuguesa. A quarta consistia em um empreendimento privado, tocado pelo engenheiro de minas francês Jean de Antoine Monlevade, o qual estava convencido da possibilidade de estabelecer, com grandes vantagens, uma fábrica de ferro em Minas Gerais. Enquanto que as companhias “estatais” mostraram-se não mais do que meros experimentos, a forja de Monlevade durou, enquanto empresa privada, de 1827 até 1892 (Oliveira: 1902), ano em que foi adquirida pela

Companhia Nacional de Forjas e Estaleiros. Mostrou-se, pois, a fábrica de ferro mais bem sucedida do Império, se o sucesso for medido pelo tempo de duração¹³.

Ao longo do período de 1822 e 1888 predominaram, ao lado da fábrica de Monlevade, “pequenas unidades fabris, que se alternaram em uma existência efêmera, mas atestando uma vitalidade constante (Baeta: 1973), as quais são denominadas de forjas na literatura (Baeta: 1973, Sena: 1881, Bovet: 1883).

Somente ao final do século é que surgem fábricas de maior porte, “usinas” como denota Baeta (1973), que se caracterizavam pelo emprego de alto-fornos. Os empreendimentos criados nas três últimas décadas do século XIX teriam sido motivados pelo ambiente propício instaurado a partir da inauguração, em 1876, da Escola de Minas de Ouro Preto, em Ouro Preto, Minas Gerais, sob a liderança do professor francês Henri de Gorceix (Gomes: 1983, Baeta: 1973)¹⁴.

A Usina Esperança foi fundada em 1888 por engenheiros da estrada de ferro Pedro II, em um lugar hoje ocupado pelo município de Esperança, Minas Gerais. Estava localizada a 500 km da estação Esperança da estrada de ferro central do Brasil. Em 1891 foi vendida à Companhia de Forjas e Estaleiros, sediada no Rio de Janeiro, e depois foi adquirida pela sociedade Queiroz Júnior e Leandro, tornando-se a Usina Queiroz Jr. (Gomes: 1983). A Usina Wigg, nos moldes da Usina Esperança, foi inaugurada em 1893, pelos antigos proprietários desta, localizando-se na estação Brunier da estrada de ferro central do Brasil (Baeta: 1973). Ambas se mantiveram em operação até o final do período sob consideração.

A terceira usina criada ao final do século XIX, a Usina União, instalada em 1893, em uma região denominada Arraial do Inficionado, à margem direita do rio Piracicaba, teve curta duração, encerrando prematuramente suas atividades (Baeta: 1973).

Em 1917 foi fundada a Companhia Mineira de Siderurgia, embrião cujo desenvolvimento levaria ao primeiro passo na criação de um parque siderúrgico no país. Fora criada com o objetivo de produzir ferro gusa, a partir de uma sociedade por ações de capital inicial equivalente a 350 contos de réis, sendo instalada na cidade de Sabará, Minas Gerais. Acometida por diversos problemas técnicos e financeiros, somente em novembro de 1920 a empresa pôde fazer correr o ferro-gusa (Moyen: 2007).

¹³ Monlevade faleceu em 1872, legando aos “seus herdeiros uma fortuna invejável”, o que indica o êxito econômico do empreendimento. Este, porém, foi fatalmente comprometido pela abolição da escravatura em 1888, evento que correu a competitividade da fábrica (Oliveira: 1902).

¹⁴ Praticamente toda a bibliografia referente à produção de ferro em Minas Gerais no século XIX tomada por base constitui-se de textos escritos por professores desta escola.

Do início do século até 1920, a produção siderúrgica - ferro, exclusivamente - de Minas Gerais se concentrava nas usinas Esperança e Wigg e na fábrica de Monlevade, trata-se da denominada fase das usinas (Oliveira: 1902, Gomes: 1983, Baeta: 1973). As forjas haviam entrado em decadência e desaparecido por completo no último decênio do século XIX, por conta da concorrência com as importações, as quais encontraram um meio para penetrar nos pequenos mercados locais cativos das primeiras, por conta da difusão espacial das estradas de ferro (Baeta: 1973, Oliveira: 1902). Outro determinante do desaparecimento das forjas foi a libertação dos escravos, mão-de-obra cuja utilização era fundamental para a manutenção de uma rentabilidade mínima por tais empreendimentos (Oliveira: 1902, Baeta: 1973, Santos: 1986).

2.2 A questão do consumo de carvão vegetal

2.2.1 Identificação da situação do período

Ao longo do século XIX e até 1920, quatro métodos de redução foram adotados, os quais são relacionados, juntamente com seus consumos específicos, na tabela a seguir.

Tabela 1 - Métodos de redução adotados no século XIX e respectivos consumos específicos

Método	Cadinhos	Italiano	Catalão	Alto-forno
Consumo específico	6:1-7:1 (a)	4,5:1-5,8:1 (b)	3:1-3,3:1 (c)	2,2:1-1,11:1 (d)

(a) Sena (1881) e Oliveira (1903).

(b) Oliveira (1903), Osse (1983)

(c) Sena (1881)

(d) Osse (1983)

O método dos cadinhos, juntamente com o método italiano e o método catalão, foram as alternativas de produção direta de ferro empregadas na Minas Gerais do século XIX. Tratam-se, portanto, dos representantes do que se convencionou chamar por siderurgia à moda antiga (Santos: 1986). O método de alto-fornos é indireto. Somente a primeira etapa de produção de um ferro aproveitáveis para fins específicos é realizada no interior do alto-forno, a qual consiste na redução do minério (Santos: 1986, Oliveira: 1903). Trata-se do método que se torna, após 1920, totalmente predominante.

O método de alto-fornos, apesar de registrar o menor consumo específico, somente passou a ser adotado a partir de 1886, com a fundação da Usina Esperança (Osse: 1986, SINDIFER:

2002, Gomes: 1983)¹⁵, tornando-se o único método sob adoção entre 1900 e 1920. A tabela abaixo registra o grau de difusão dos demais métodos.

Tabela 2 - Participação dos métodos na população de fábricas de ferro, século XIX.

Método	Cadinhos	Italiano	Catalão
Participação no total de fábricas de ferro	49%-76,36%	12,72%-40%	3,64%-4%

(*) Em Baeta (1973: 205-221), constam duas relações de forjas, compiladas por pesquisas do século XIX, que nos permitem obter a proporção das forjas que adotava cada um dos três métodos. Tomará somente aquela cujo tamanho da amostra tomado por base representava a maior proporção da população de forjas. Cobrindo 54% da população de fábricas de ferro, a qual incluía também representantes do método indireto (alto-fornos produtores de ferro-gusa), o “esforço titânico” de levantamento de Ferrand (Baeta: 1973) realizado em 1893, reportava como 76,36% a participação do método dos cadinhos, 12,72% a do italiano e 3,64% a das forjas catalãs. Já, segundo Oliveira (apud Osse: 1983), existiam em 1881, 75 fábricas de ferro (um número equivalente a 68% do reportado por Baeta: 1973:209, para o ano mencionado), das quais 30 (40%) operavam o método dos cadinhos, enquanto que o restante adotava a variante italiana. Como neste caso não se cita o número de forjas catalãs, mesmo sendo que existem informações que garantem a existência destas (Bovet: 1883, Sena: 1881, Oliveira: 1902), será suposto que vale a proporção de 4% para elas. Será adicionalmente suposto que os três métodos possuíam a mesma proporção da população total indicada pela contagem de Ferrand.

Como aponta a tabela 2, o método catalão, de menor consumo específico entre os métodos diretos, foi o de menor difusão entre as forjas do século XIX. Contrariamente, a variante dos cadinhos, de maior consumo específico, assumia a maior participação na população total (Oliveira: 1902 e 1903, Bovet: 1883, Sena: 1881, Baeta: 1973, Osse: 1983, Santos: 1986, Dean: 2004). Procuremos entender porque o método dos cadinhos foi o mais difundido entre as forjas. A mesma questão não pode ser aplicada para as usinas, já que para essas somente um método foi adotado.

2.2.2 Identificação dos determinantes da situação

Rentabilidade e magnitude do investimento associados aos métodos

A apresentação de alguns dados colhidos de textos publicados no século XIX e início do século XX é esclarecedora. O investimento necessário à instalação de uma forja de cadinhos,

¹⁵ Apesar do intendente Câmara ter sido o responsável por fazer correr, pela primeira vez em Minas Gerais, ferro de alto-forno, na fábrica do Morro de Pilar, segundo Eschwege (1833), diversos problemas comprometeram a manutenção do alto-forno dessa fábrica em funcionamento, o qual foi logo desativado Eschwege:1833, Gomes: 1983).

com produção efetiva de 20 toneladas de ferro por ano, ficava entre 4.000\$000 e 5.000\$000¹⁶, sendo de 128\$800 o custo variável de produção de uma tonelada de ferro (Souza: 1986). A massa de lucro gerada no período de um ano seria de 1.584\$000, suficiente para tornar possível a recuperação do capital investido na instalação em quatro anos (Souza: 1986).

Já para o caso da forja italiana, o investimento em capital fixo pode ser estimado em 7.500\$000¹⁷ (Bovet: 1883) sendo a produção anual de, no mínimo, 30 toneladas por ano (Bovet: 1883). O capital de giro (custo variável) era de 93\$400/tonelada de ferro. O lucro gerado por ano seria de 3.438\$000, segundo Santos (1986), o que permitiria a recuperação do capital fixo após três anos.

Para uma forja catalã com produção anual de 75 toneladas de ferro, temos que o lucro anual gerado pode ser estimado em 10.770\$000, a despesa necessária à produção de uma tonelada de ferro em 64\$400 (Santos: 1986) e o investimento em capital fixo estaria entre 10.000\$000 e 20.000\$000¹⁸. O capital empatado seria recuperado, pois, no máximo após dois anos de atividades.

A tabela 3 reúne os valores comentados, e seus correlatos para o método de altos-fornos. Os números indicam que a baixa difusão, entre as forjas do século XIX, dos métodos italiano e catalão, todos eles de menor consumo específico de carvão vegetal relativamente ao método de cadinhos, não pode ser explicada a partir da rentabilidade relativa. O método de menor consumo proporcionava maior lucro, decorrência do fato de que o dispêndio em carvão vegetal, para produzir uma tonelada de ferro em barras, era mais de duas vezes menor para as forjas catalãs, do que para o método dos cadinhos (Bovet: 1883).

Porém, a magnitude do capital necessário à implantação de cada um dos métodos, discrepa de maneira não desprezível: um dono de forja de cadinhos levaria mais de seis anos para

¹⁶Bovet (1883) informa o valor de 4.000\$000, enquanto que Ferrand (1885) acrescenta a aquisição de 50 hectares de terras cobertas de florestas para a produção de carvão vegetal, as quais custariam de 1.000\$000-2.000\$000 cada 100 hectares.

¹⁷ Segundo Bovet (1883), o investimento necessário à instalação da forja é de 6.000\$000. Porém o autor não leva em conta a despesa em aquisição de terras das quais se pudesse obter lenha para carvoejamento. Para estimar o último gasto, supõe-se (i) a extensão de terras cobertas por matas que uma fábrica de ferro demanda é diretamente proporcional à sua produção anual; (ii) a produção anual de uma fábrica de ferro *a la* método italiano era de 30 toneladas (Bovet: 1883); (iii) segundo Ferrand (1884), uma forja de cadinhos, a qual possuía uma produção anual de 20 toneladas (Santos: 1986), demandava 50 hectares de floresta; (iv) de (iii) e (iv) temos que a extensão de terras a serem desbastadas para suprir uma forja italiana pode ser estimada em 3/2 x 50 hectares = 75 hectares; (v) o preço de 100 hectares de matas de, no máximo, 2 contos (Ferrand: 1884).

¹⁸ Baeta (1973), cita um excerto de Gorceix (1952) em que é dito que uma forja catalã cujo porte é de 600kg de ferro por dia demandaria um investimento de 20 contos (20.000\$000) para sua instalação. Uma vez que nos referimos a uma forja catalã com metade da capacidade, 300 kg de ferro por dia, na estimação de Santos (1986), supondo a despesa de estabelecimento como proporcional à escala de operação, é possível tomar como limite mínimo para a referida despesa 10.000\$000.

acumular uma poupança, formada a partir dos lucros auferidos, suficiente para instalar uma forja catalã – 6,13 é o número obtido da divisão do custo fixo da forja catalã pelo lucro gerado pela aplicação do método dos cadinhos, conforme indica a tabela 3. A instalação de uma nova forja de cadinhos demandaria apenas três anos de acúmulo do rendimento gerado por uma forja de mesmo tipo.

Baeta (1973) comprova a relevância da magnitude do investimento enquanto condicionante da escolha do método: “[se] a rentabilidade era razoável (...), o que impediu o desenvolvimento inicial mais rápido da siderurgia foi a timidez e acanhamento do espírito empresarial. Estando em jogo capitais privados, era compreensível o medo de muitos homens de se lançarem numa aventura para a qual não estavam aparelhados (Baeta: 1973: 197-198)¹⁹.”

O excerto citado contém mais elementos explicativos para o fenômeno do predomínio do método dos cadinhos do que se deseja pôr a lume nesse estágio da análise. Por hora basta tomar a idéia de que as forjas eram empreendimentos levados a cabo por capitais privados descentralizados, sem qualquer amparo em um sistema de crédito. O risco de perda de capital era alto, como deixa claro o autor, justificando-se a “timidez e o acanhamento” do espírito dos detentores do capital, o que dá base à percepção sugerida pela análise da tabela 3, de que a magnitude do investimento poderia se colocar como desestímulo suficiente para ofuscar a rentabilidade, na escolha pelo método sob o qual a forja operaria.

¹⁹ Cabe citar outro trecho: “há na fabricação do ferro as marcas indeléveis da falta assinalada de um sistema bancário, que desde cedo pudesse desempenhar o papel assistencial de irrigador do crédito, à semelhança dos progressos conquistados noutros países na mesma época (Baeta: 1973).” A incapacidade de centralizar o capital social era, pois, fundamento do baixo grau de desenvolvimento atingido pela produção de ferro no Brasil do século XIX, de acordo com o autor.

Tabela 3 - Comparação dos três métodos de redução empregados no século XIX

Método/ Variável	Método dos cadinhos	Método italiano	Método Catalão
Produção anual (toneladas de ferro)	20	30	75
Custo fixo (mil réis)	5.000,00 (a)	7.500,00	15.000,00 (b)
Custo variável (mil réis /tonelada de ferro)	128,8	93,4	64,4
Receita (mil réis/ tonelada de ferro) (c)	208	208	208
Lucro anual (mil réis)	1.584,00	3.438,00	10.770,00
Taxa de lucro (d)	61,49%	122,70%	222,98%
Tempo de recuperação do capital (anos)	4	3	2

(a) Tomou-se o valor máximo (vide nota 5).

(b) Trata-se do ponto médio entre 10\$000 e 20\$000 contos (vide nota 6).

(c) Para evitar viesar o lucro por variações de preços, adotou-se o mesmo preço de venda, 3\$120/ 15 kg de ferro (Santos: 1986, tabelas 10 e 13), nos cálculos para cada um dos métodos.

(d) A taxa de lucro é computada como razão entre o lucro e o custo variável referente a um ano de atividade, não considerando-se, pois, o custo fixo. Por conta disso é que inclui-se a variável tempo de recuperação do capital, a qual visa dar uma medida da importância da magnitude atingida pelo custo fixo tomando como base o lucro anual gerado.

(e) Tratam-se dos números informados por Oliveira (1902) e referentes ao um alto-forno cuja produção efetiva é de 8 toneladas de ferro-gusa por dia. Apesar de os altos-fornos levarem à obtenção de um produto final distinto daquele obtível pelo método direto, é possível comparar os dois métodos em termos de rentabilidade, já que o lucro informado na tabela leva em conta tanto a venda de parte do ferro-gusa sem qualquer beneficiamento adicional, como também a venda do restante após conversão em ferro-fundido, o produto final do método direto. O custo fixo corresponde ao preço pelo qual a Usina Esperança foi vendida, em 1895, à Companhia de Forjas e Estaleiros, de acordo com Gomes (1983), enquanto que o custo variável registra o cálculo, realizado provavelmente para 1895, pelo ex-diretor da firma, conforme especificado em Oliveira (1902).

A baixa representatividade do método de altos-fornos, ao longo do século XIX, encontra também uma explicação no argumento do tamanho do capital, dado que o capital inicial da Usina Esperança, de cem contos de réis (Gomes: 1983), era 11 vezes maior do que o custo de instalação de fábricas praticantes dos métodos indiretos - tomando-se, para fazer essa conta o custo fixo, reportado na tabela 3, para os métodos indiretos. A importância desse determinante, o qual atuou para retardar a adoção da alternativa de menor consumo específico, não somente em Minas Gerais, mas no Brasil, é corroborada pelo fato de que, até a fundação da Usina Esperança, em 1889, todas as fábricas de ferro usuárias de altos-fornos foram empreendimentos financiados pelo erário público.

A primeira tentativa de pôr em funcionamento um alto-forno no Brasil, levada a cabo pelo Intendente Câmara, deu-se em uma empresa estatal, a fábrica do Morro de Pilar (Eschwege: 1833, Gomes: 1983). Em São Paulo, a fábrica de Ipanema fora fundada pela coroa portuguesa, e quando o engenheiro alemão Varhagen tomou suas rédeas, decidindo-se pela implantação de dois altos-fornos, a empreitada também foi financiada pela coroa (Eschwege: 1833) – ao que se destaca que a cifra financiada somava 20 contos de réis (Eschwege: 1833). As demais reestruturações da fábrica, que visaram instalar novos altos-fornos, foram sempre financiadas a partir do orçamento do governo federal (vide Dupré: 1895), já no contexto do Brasil nação. Dependeu-se, pois, em todas as incursões do método de altos-fornos antes de 1886, do recurso ao único meio de concentração e direcionamento do capital social para a atividade siderúrgica, que estava disponível à época, qual seja, a mão visível do estado.

Mesmo se tomarmos o caso das usinas privadas que surgiram após de 1886, as dificuldades impostas pela magnitude dos investimentos necessários para mantê-las, tornam-se transparentes. A Usina Esperança, uma empresa privada, foi constituída enquanto uma sociedade por ações, com capital inicial de cem contos de réis, o qual logo se mostrou “insuficiente para um maior desenvolvimento”, um dos fatores que determinaram sua venda em 1891 para a Companhia de Forjas e Estaleiros, uma empresa estatal (Gomes: 1983).

Extensão de mercado e infraestrutura de transporte

Um dos críticos do método de cadinhos reconheceu que, por mais “bárbaro” que fosse, proporcionou àqueles que o adotaram uma longevidade jamais atingida pelas fábricas optantes pelas tecnologias mais desenvolvidas: “*todas as fabricas de cadinhos conseguiram atravessar mais de meio século de vida* (Oliveira: 1903)”, enquanto que as grandes fábricas de ferro

como a do Intendente Câmara (fábrica de ferro do Morro do Pilar, Minas Gerais) e de Congonhas do Campo (Minas Gerais) não puderam durar mais de uma década. A razão para isso, segundo o autor, estava em que as fábricas de tecnologia rudimentar produziam em uma escala inferior às demais²⁰, a qual era compatível com a capacidade de absorção dos mercados consumidores, que as vias de transporte, disponíveis nas localidades em que operavam, as permitiam acessar (Oliveira: 1903).

Do colocado pelo autor, é possível depreender duas questões: (i) o volume de produção que as vias e os meios de transporte disponíveis davam conta de escoar, entre duas rodadas de produção, era um fator limitante à escala de uma forja e; (ii) o cômputo das extensões de mercado²¹ das regiões para as quais era possível transportar o ferro era um fator limitante à escala de uma forja. Ambas as restrições tem como fundamento a insuficiência da infraestrutura de transporte, enquanto que a segunda depende de um outro fundamento, qual seja, a insuficiência da demanda por ferro (pelo menos localmente).

Quanto ao primeiro fundamento, o autor, apesar de criticar o método dos cadinhos, apregoava que, sendo as vias de transporte disponíveis consistentes em não mais do que “*estradas de rodagem mineiras*”, não se podia cogitar o emprego do método indireto, ou seja, a construção de fábricas que funcionassem com alto-fornos, uma vez que produziriam em uma escala maior. Nessas ocasiões, o método indireto, inclusive em sua vertente de cadinhos, afigurava-se uma escolha de melhor adequação ao mercado.

O segundo fundamento é corroborado pela resposta dada por Eschwege à questão “*se é possível estabelecer uma grande fábrica de ferro no Brasil*”. “(...) *indiscutivelmente, no Brasil, sem um aumento considerável da população, nenhuma grande fábrica se poderá manter* (Eschwege: 1833)”. Autores como Oliveira (1902 e 1903) e Bovet (1883) também recomendavam o emprego de métodos cuja escala de produção se adequasse à extensão de mercado.

A questão do poder sobre a mão de obra

Outro fundamento para a resistência do método de cadinhos ao longo do século XIX é apresentado por Felicíssimo Jr. (1969), em que se coloca que se tratava da técnica cuja

²⁰ Para utilizar um termo da teoria econômica moderna, a escala mínima eficiente de uma fábrica de forjas catalãs era maior do que a escala mínima eficiente de uma fábrica de cadinhos (Varian: 1984). Como vemos na tabela 1, a magnitude da produção anual da forja catalã é quase quatro vezes maior do que a de uma forja de cadinhos.

²¹ Trata-se de uma expressão forjada por Adam Smith (Smith: 1789) e que deve ser entendida por capacidade de absorção da produção de ferro, ou simplesmente demanda por ferro.

operação era de mais fácil assimilação pela mão de obra²². Sugere-se, pois, que sendo a mão-de-obra pouco ou nada qualificada, como era ainda o caso para a produção de ferro na Minas Gerais do século XIX, tinha-se um entrave à adoção de métodos superiores ao de cadinhos.

Porém o problema não era tão simples quanto sua subsunção ao conceito moderno de qualificação parece sugerir: não se tratava apenas de falta de treinamento ou educação da mão de obra. A resistência a manter o método de cadinho parecia ter raízes nas condições de mobilização e emprego de mão-de-obra que prevaleciam no século XIX, as quais se circunscreviam a uma situação em que a escravidão coexistia com o trabalho livre.

A dificuldade de submeter homens livres à rotina de trabalho de uma fábrica de ferro era alardeada pelo Barão de Eschwege, o qual dirigiu a fábrica Patriótica em Congonhas do Campo, Minas Gerais, entre os anos de 1811 e 1820 (Gomes: 1983). Em uma passagem muito citada de sua obra *Pluto Brasiliensis*, o autor relata sua experiência nessa fábrica no que se refere ao emprego de homens livres, algo que tentou por conta da repulsa que, como homem de “*mentalidade européia*”, sentia à escravidão. Deu-se que os contratados eram possuídos por uma inelutável vontade de abandonar o posto de trabalho tão logo recebessem sua primeira remuneração ou então deixavam patente para o empregador seu desgosto para com suas tarefas, pelo baixo comprometimento com o qual a realizavam (Eschwege:1833). Não demorou muito tempo para que Eschwege pudesse encontrar um modo de conter sua repulsa e passar a empregar somente escravos.

O que ocorria é que os homens livres à época o eram somente em um sentido - retomando uma expressão utilizada por Marx (1890) - , ou seja, eram livres para escolher por trabalhar ou não em uma forja de ferro, porém não eram despossuídos de condições a partir das quais pudessem se reproduzir materialmente se escolhessem não o fazer. Como o próprio Eschwege escrevia: “*Por que se sujeitaria um indivíduo livre a trabalhar o ano inteiro para um estranho, se vive em um país, como o Brasil, onde qualquer terra pode ser lavrada e ninguém precisa trabalhar senão 4 semanas para obter o que comer, sem necessidade de perder a liberdade* (Eschwege, apud Santos: 1986)”.

Tratando agora do trabalho escravo, ocorria que, como coloca Bovet (1883) em um tom que lembra a discussão de Adam Smith acerca da segunda causa de riqueza (Smith: 1789), os

Segundo Felicíssimo Jr. (1969), uma condição que poderia garantir o êxito da fábrica de Ipanema seria a manutenção dos cadinhos até que os trabalhadores estivessem suficientemente treinados e familiarizados com a técnica metalúrgica. Optou-se, porém, pela conversão para alto-fornos.

escravos eram trabalhadores desprovidos do principal incentivo para a plena realização de um trabalho que exigisse mais destreza e atenção do que os serviços braçais a que eram comumente submetidos²³. Esse incentivo era “*o desejo de melhorar sua situação*”. Por conta disso, era difícil submetê-los ao regime de trabalho típico de métodos mais intrincados de produção de ferro do que o de cadinhos, como o de forjas catalãs ou italianas.

É claro que essa é uma explicação que parece não levar em conta o fato de estarmos falando exatamente de trabalhadores escravos: seus donos não os adquiriam esperando poder contar com sua boa vontade na hora de trabalhar, muito pelo contrário, como o exemplo da experiência de Eschwege nos sugere, os escravos eram adquiridos exatamente para se tornarem uma extensão das vontades de seu senhor, um mero instrumento. Se não lhes faltava o estímulo espontâneo para trabalhar corretamente, existiam diversas modalidades de punições físicas cuja finalidade era exatamente prover-lhes de um estímulo instantâneo. De qualquer modo, essa discussão não será estendida, o que ocorre é que as referências tomadas como base para o século XIX referiam-se a uma escravidão em processo de ruptura, o que se manifestava inclusive como alta do preço dos escravos.

Retomando o fio da discussão, existia um problema de incapacidade, por parte dos proprietários das forjas, de submeter os trabalhadores de que podiam dispor – sendo eles livres ou escravos -, ao regime de trabalho necessário para pôr em pleno funcionamento tais forjas.

As evidências apresentadas sugerem que a produção de ferro somente poderia atingir um nível tecnológico superior e massificar-se, quando houvesse um tal contexto social em que fosse possível induzir os trabalhadores a adaptarem-se ao regime de trabalho que as técnicas de produção em questão pressupunham para seu pleno funcionamento. Ou seja, seria necessária a criação de um mercado de trabalho, no sentido dado ao termo pela teoria econômica, resultado para o qual a abolição da escravatura no país foi um passo fundamental.

Além disso, havia o problema de direção e supervisão do trabalho, bem como de administração da forja – aqui uma evidência de que talvez a dificuldade em tocar regimes de trabalho mais intrincados tinha razões que apontavam não para os escravos, mas para seus

²³ “O trabalho dos cadinhos, exigindo em summa apenas a presença material e o cuidado de lançar carvão e minério no pequeno forno, á medida que elle se esvazia, pôde sem grande inconveniente ser confiado à um escravo; talvez seja este o motivo de ser ainda hoje muito empregado. O trabalho das forjas italianas é já mais delicado, tambem são pouco numerosas, e os escravos que sabem trabalhar n'estas forjas são raros e custam mais caros do que os outros (Bovet: 1883).”

senhores. Segundo Bovet (1883) os donos das forjas não conheciam suficientemente o ramo para supervisionar os trabalhadores e também pouco esforço dirigiam a isso²⁴. O autor mencionado dizia que os mestres de forjas eram proprietários de fábricas, mas não fabricantes de ferro. Isso pois eles “*possuem forjas mas não as dirigem, fornecem ao ferreiro escravo um forno e as ferramentas precisas e exigem que façam por dia uma certa quantidade de ferro, sem, em geral, se importarem com o trabalho senão para verificar a quantidade produzida* (Bovet: 1883).”

A situação era, pois, retrógrada ou tendente à estagnação no mais baixo nível tecnológico, pois se tinha, tanto do lado dos donos de forjas, como dos trabalhadores, motivos para manter o processo de trabalho tão simples quanto possível.

Síntese dos determinantes

Em síntese, a predominância ao longo das forjas do século XIX do método de produção que representava o maior consumo específico de carvão vegetal, se devia, segundo a literatura consultada, aos seguintes fatores: tratava-se do método que (i) melhor se adequava ao capital acumulado por empresários potencialmente interessados na produção de ferro; (ii) cuja magnitude mínima da produção necessária para gerar lucro – escala mínima - se adequava às vias e meios de transporte a partir dos quais era possível escoar tal produção; (iii) cuja escala mínima melhor se adequava à extensão de mercado local; (iv) cujo regime de trabalho melhor se adequava ao poder detido pelos empresários para submeter a mão-de-obra; (v) que melhor se adequava ao restrito conhecimento e capacidade de supervisão detido pelos empresários²⁵.

A situação muda radicalmente a partir de 1889, já que se assiste à ruptura com maneira pela qual a maior parte da mão de obra era mobilizada, tornando-se a remuneração uma inevitabilidade. Do lado da receita, elimina-se o fator que garantia, para as forjas, um mercado

²⁴ Santos (1986), descrevendo o sistema de tamina a partir do qual era regido o regime de trabalho nas forjas italianas, o qual se resumia a exigir dos trabalhadores o cumprimento de uma meta diária mensurada em quilos de ferro, deixa claro que os trabalhadores detinham poder sobre o ritmo de produção, impedindo os empregadores de extrair os benefícios do aumento de sua produtividade, uma vez que conheciam o processo de trabalho melhor do que os primeiros.

²⁵ Oliveira (1884), comparando as forjas italianas às catalãs, no quesito consumo de carvão, coloca: “(...) se considerarmos que grande parte dessas fabricas trabalha com escravos que tem á mão o combustível sem que lhe seja tolhido, de modo algum, o emprego em excesso [recolocando-se, pois, o problema de supervisão insuficiente do trabalho]; se considerarmos mais que os operarios, e não só elles, como tambem uma notabilidade, muito conhecida pelos que estudam hydraulica e minas, suppõem que melhor e maior producto obterão com maior emprego de carvão, vemos que o grande defeito não é da forja[o que denota um problema de falta de conhecimento acerca do processo de geração do ferro por parte dos trabalhadores e inclusive por parte dos donos-da-forja que permitiam o uso excessivo de carvão].”

cativo. Deslinda-se, até 1920, a chamada fase das usinas, a qual representou a transição para os alto-fornos e daí para um patamar de consumo específico próximo ao praticado em outros países, como a Suécia e os Estados Unidos, em que se adotava exclusivamente alto-fornos à época (Schallenberg & Ault:1977, Modig: 1972).

2.3 A questão da produção de carvão vegetal

2.3.1 Identificação da situação do período

No que tange à produção de carvão vegetal, duas tecnologias foram empregadas no século ao longo do período examinado. O método de Covas, cujo rendimento volumétrico (m³CV/m³L) atingia entre 20% a 50% do alcançável no método rival de Medas (Bovet: 1883, Sena: 1881, Osse: 1983, 64).

O “método das covas” consistia em carbonizar a lenha extraída de matas nativas em cavidades de 0,8 metros de profundidade (Sena: 1881), abertas nas proximidades do local em que as árvores eram derrubadas. Introduzia-se a lenha na abertura, cobrindo-a com terra, folhas e outros vestígios de biomassa, deixando-se uma abertura para a ignição (introdução de uma mecha em brasas, de modo a queimar parte da lenha para transferir calor ao resto, dando início à carbonização). O processo de carbonização era controlado pela abertura e fechamento de orifícios na parte superior da cova²⁶ (vide figura 1).

Tal método era condenado pelos professores da Escola de Minas de Ouro Preto como irracional, bárbaro e destruidor de florestas (Sena: 1881, Bovet: 1883, Oliveira: 1902). Três eram os motivos para isso.

1. Consumia-se, para cada tonelada de carvão produzido, um grande volume de lenha. Isso pois, tanto ocorria que parte da lenha não era carbonizada ou o era somente

²⁶ “O carvão é queimado no matto vizinho por um grupo de sete escravos, que executam o trabalho do modo seguinte: deitam fogo a uma parte do matto, quando o incendio invadiu um espaço sufficiente, embargam-se os seus progressos por meio de machado, e pouco a pouco acabam por apagal-o. Cinco d’entre elles são empregados a excavar as covas de carbonisação; cada um faz a sua, que consiste em um prisma triangular alongado no qual começa-se por dispôr os grossos troncos em camadas horizontaes, e em cima dos pequenos ramos, já meio carbonisados; então cobre de terra a madeira que fica para fira da cova e fórma assim uma meda inclinada de pequena altura. Abrem-se dous suspiros na parte mais baixa, onde põe-se fogo, e o operario segue o trabalho, abrindo e fechando suspiros successivos em pontos cada vez mais altos, até chegar á outra extremidade. Pouco depois descobre os lenhos carbonisados e está acabada a operação; ella dura regularmente durante o espaço de 10 dias; uma mesma cova pôde servir para queimar quatro a cinco vezes successivas, se houver bastante madeira na sua visinhança (Sena: 1881).” Dos outros três escravos, um cuida da escolher a lenha, outro de catar o carvão produzido, e o último, um menino, de conduzir os burros que transportam o combustível para a forja.

parcialmente, como outra parte considerável era queimada para dar início à carbonização, e, ainda parte do carvão obtido era acidentalmente queimado;

2. Gerava-se um carvão de baixa qualidade, quebradiço ou com baixo teor de carbono, o que tornava necessário o consumo de grande volume de do mesmo para colocar o processo de redução do minério de ferro em marcha. Com isso, o consumo específico de carvão vegetal ficava em um alto patamar;

3. Causavam-se danos à floresta remanescente após a extração de lenha, dado que o calor emitido pela ignição e desenvolvimento do processo de carbonização, no interior da Cova, queimava as raízes das árvores circundantes (Bovet: 1883, Sena: 1881, Oliveira: 1902 e 1903).

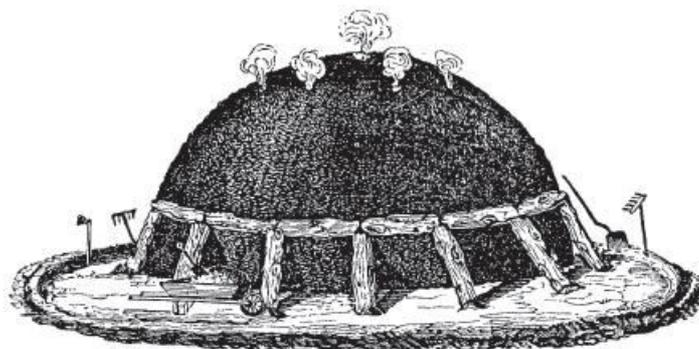


Figura 1 - A Cova (Svedelius: 1875)

A alternativa defendida pela Escola de Minas era o chamado método de Medas, em que a carbonização dava-se a partir da disposição das toras de madeira em uma pilha, sobre o solo, a qual era coberta por terra, folhas e outros materiais florestais. Tratava-se de um método que não queimava as raízes das árvores remanescentes na floresta, bem como permitia um menor consumo de madeira por tonelada de carvão produzido²⁷ (vide figura 2). Além disso, um carvão de melhor qualidade era gerado, contribuindo, pois, para manter o consumo específico abaixo do que era possível no caso em que o carvão advinha do emprego do método de covas.

²⁷ “A meda – uma vez coberta de ramos e de terra, queima-se vagarosamente sem resequir nem matar os troncos visinhos, e, como nella se póde empilhar uma quantidade consideravel de madeira, d’hai resulta que só são feitas de longe em longe, de sorte que o calor por ellas produzido bem pouco mal faz ás florestas, no meio das quaes são levantadas (Sena: 1881).”

A importância da qualidade do carvão para a produção de ferro não se restringia ao consumo específico. No caso dos métodos italiano, catalão e de alto-forno, se patamares mínimos de qualidade do carvão não fossem verificados, a reação de redução do minério de ferro, se ocorresse, apresentaria resultados pífios gerando prejuízo ao proprietário da forja (Bovet: 1883, Sena: 1881). Daí os motivos pelos quais o sistema de Medas para produção do termo-redutor vegetal - o qual fora introduzido na província por carvoeiros da mesma nacionalidade dos mestres de forja que introduziram o método italiano²⁸ - era o adotado em conjunto com os métodos citados.

Disso se conclui (i) que o método de menor impacto sobre a floresta era, pois, o de menor difusão²⁹ – já que as forjas às quais estava associado eram as menos recorrentes³⁰ e; (ii) isso se dava pois existia uma relação de fundamento tecnológico entre o método de Medas na fase de carbonização e os métodos italiano, catalão e de altos-fornos, na fase de redução³¹.

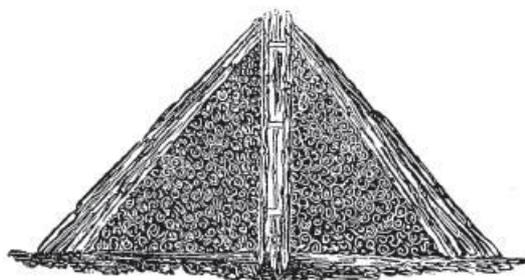


Figura 2 - A Meda (Overman: 1852)

2.3.2 Determinantes da situação

Determinantes econômicos

²⁸ “O carvão preparado em covas é de qualidade inteiramente insuficiente para forja italiana. Para poderem-se empregar estes fornos, foi preciso preparar o carvão em Medas e a introdução d’este uso no fabrico do ferro trouxe por conseguinte um melhoramento considerável na fabricação do carvão (Bovet: 1883).”

²⁹ O período seguinte de Bovet (1883), comprova a predominância das covas: “Este processo de carbonização [covas], que ainda é o mais usado, tende a desaparecer para dar lugar ao da carbonização em Medas.”

³⁰ Essa correspondência não era perfeita, uma vez que Sena (1881) observou tanto forjas a cadinho que empregavam medas como forjas italianas que empregavam covas, casos, esses, contudo, raros.

³¹ Segundo Sena (1881) a adoção das forjas italianas permitiu serviço considerável no que tangia à conservação das florestas: “(...) o aparecimento de algumas forjas italianas trouxe grande melhoramento, não só na preparação do ferro, como ainda muito mais na preparação do carvão e na conservação das mattas, que iam desaparecendo, deixando em estado de completa inutilidade as importantes jazidas existentes em logares onde as florestas, barbaramente destruídas, eram substituídas pelos fétos e gramineas.”

A hipótese mais elementar sugerida pela concepção da teoria da produção, tal como a encontramos nos manuais de teoria econômica, não se sustenta para explicar a adoção do método de covas.

Em primeiro lugar, sendo que as áreas cobertas por florestas tinham de ser adquiridas pelas forjas e usinas privadas, o método que possibilitasse o melhor aproveitamento da terra em termos de produção de carvão – um melhor rendimento gravimétrico, no nível de análise em que nos encontramos -, possibilitaria um menor empate de capital no fator de produção mencionado.

Em segundo lugar, sob a hipótese de que os métodos sob comparação são aplicados sob o mesmo consumo específico e a mesma densidade florestal, a magnitude da diferença percentual entre a extensão de terras que deveria ser adquirida para gerar um mesmo número de toneladas de carvão, sob cada um dos métodos de carbonização, covas ou Medas, é equivalente à magnitude da diferença entre os ganhos gravimétricos atingidos em cada método. Ou seja, se, como nos diz Bovet (1883), com a mesma quantidade de lenha produzia-se 50% a menos de carvão, a extensão de terras necessária para manter uma tal produção de carvão vegetal seria 50% maior utilizando-se covas ao invés de Medas.

Teria-se, pois, um dispêndio 50% maior em propriedade fundiária, para uma mesma escala de produção de ferro. Mesmo assim, a alternativa de menor custo não predominou, indicando que o estímulo referido encontrou resistência, para sua plena realização, em outros fatores que favoreciam o método rival.

Essa conclusão não é posta em cheque por qualquer diferença do investimento necessário para colocar cada método em uso, já que ambos somente demandavam o dispêndio em mão-de-obra, ou então na aquisição do produto (carvão), no caso em que a forja não produzia seu próprio carvão (Elias: 1961). Os instrumentos de carbonização eram construídos a partir de materiais disponíveis na floresta³².

Pode-se ainda acrescentar o fato de que o emprego de covas dava origem a um carvão vegetal de pior qualidade, de modo a manter o consumo específico e aí o dispêndio em carvão, em um alto patamar – como já mencionado, o carvão vegetal representava não menos do que 50% do

³² Somente no caso em que a floresta circundante estivesse consideravelmente exaurida é que poderia passar a existir alguma discrepância nesse sentido. “A substituição das covas por fornalhas de barro indica escassez de madeira. Era fatigante a tarefa de escavar os poços; estes eram econômicos apenas quando podiam ser utilizados diversas vezes (Dean: 2004).”

custo de produção do ferro no período. Daí mais um motivo do porque a adoção do método de maior economia de lenha proporcionaria vantagens em termos de rentabilidade.

É preciso, examinar outros determinantes, que não os incentivos pecuniários medidos em termos de rebaixamento de custo do ferro, para explicar a popularidade das covas.

A questão da jornada de trabalho

Também no caso da carbonização, a dificuldade em submeter a mão-de-obra ao regime de trabalho necessário à obtenção dos melhores resultados possíveis, parecia se manifestar como entrave à adoção do método menos impactante à mata nativa. A operação das Medas exigia uma maior jornada de trabalho diária, a qual se estendia a praticamente 24 horas. O excerto a seguir corrobora o exposto.

“O pessoal empregado neste serviço [a produção de carvão a partir de Medas, ou caieiras como eram chamadas pelo autor] é de 16 turmas de italianos em numero de 51 trabalhadores, e uma turma de nacionaes com 2 trabalhadores .Estes algarismos mostram bem o serviço que a colonização italiana tem prestado á fabrica [trata-se da fábrica de Ipanema em São Paulo] e, peza-nos dizer, que os nacionaes têm pouca predileção para este gênero de trabalho (...) Os carvoeiros mor[am] nas mattas junto das caieiras, de modo a poderem vigial-as dia e noite. Não é raro ver-se nas turmas em que há trabalhadores casados, as mulheres entregarem-se ao penoso trabalho de cortar madeira e cuidar da caieira [Meda] com zelo e intelligencia notaveis (Sena: 1881)³³.”

Bovet (1883), comentando as pequenas Medas sob adoção na província de Minas Gerais, observa: *“Poder-se-hia obter melhor resultado construindo grandes Medas e dirigindo-as regularmente, como acontece em S. João do Ipanema, na província de S. Paulo, onde se obtêm um excellente carvão, e os preços seri[am] assim ainda reduzidos.”* Porém, quanto maior fossem as Medas, mais tempo o processo de carbonização levaria para ser finalizado, sendo, pois, maior o período de trabalho no controle da carbonização. O problema de incapacidade de submeter a mão-de-obra, estaria por trás da diferença de tamanho das Medas de São Paulo, localidade em que podia se contar com o trabalho imigrante, e Minas Gerais.

³³ É útil citar, adicionalmente, o seguinte período de Eschwege (1833), em que ele se refere aos problemas por ele enfrentados quando administrou a fábrica de ferro do Prata, em Congonhas do Campo, Minas Gerais, durante as primeiras duas décadas do século XIX: *“Outra dificuldade estava na instalação da carvoaria. Foi muito difícil encontrar um homem honesto que dirigisse esse serviço e cumprisse com exatidão as ordens recebidas. Para ensinar, mandei, no princípio, fazer pequenas caieiras, de doze pés de diâmetro, e, mais tarde, aumentando para trinta pés. As queixas e as desordens, porém, eram constantes nesse serviço, sobretudo aos domingos e dias Santos, no decorrer dos quais ninguém gostava de permanecer junto das caieiras, o que deu motivo a que a mata se incendiasse, ás vezes, e as caieiras se perdessem.”*

Na tentativa de adoção de Medas, que tomou lugar na Usina Esperança, a necessidade de “cuidados constantes”, i.e., o regime de trabalho contínuo, foi registrado como uma desvantagem do método de Medas (Oliveira: 1902).

Treinamento

Existia ainda o problema de desconhecimento do *modus operandi* do método de medas: os carvoeiros familiarizados com as covas tinham de ser treinados de modo a poderem empregar o último. Isso pressupunha a existência de um “professor”, ou seja, de alguém que conhecesse o método. No caso da fábrica do Aerado, constituída em 1880 na cidade de Abaeté, Minas Gerais, esse problema foi resolvido com a contratação de carvoeiros italianos, os quais treinaram os carvoeiros locais, fazendo-os “emulos que em nada lhes ficaram inferiores” (Oliveira: 1884). Quanto a isso Oliveira (1902) observa que a adoção do método de covas na Usina Esperança se devia à familiaridade dos brasileiros para com ele.

Para o caso das forjas, como está sugerido em diversos textos como Bovet (1883), Sena (1881) e Eschwege (1833), o método de Covas correspondia à técnica de carbonização tradicionalmente utilizada pelos escravos, a mão-de-obra empregada em tal serviço.

2.3.3 Comparação com a situação de outros países

Nos textos dos professores da Escola de Minas estudados não se pode encontrar uma análise tão meticulosa do processo de carbonização quanto à empreendida para os processos de redução e fusão do minério de ferro. Apesar de muito criticarem o método de Covas, não havia qualquer tentativa de explicar, com base em uma compreensão do processo natural de carbonização, porque cada um dos dois métodos, o de covas e o de Medas, apresentavam os resultados observados. É possível dizer, pois, que a carbonização não era vista como objeto de análise por tais estudiosos – nem mesmo é possível encontrar as palavras “carbonização” ou “pirólise” em tais textos.

O interessante é que já estavam disponíveis, no século XIX, antes da inauguração da Escola de Minas, em 1876, alguns tratados de carbonização, como o do sueco Svedelius (1875, traduzido para o inglês em 1875) e o do engenheiro francês de minas Guillot (1872). Mesmo assim, não há qualquer menção, identificável nos textos dos professores de tal escola, a explicações do processo natural de carbonização ou de práticas para controlá-lo, de modo a atingir patamares de quantidade e qualidade para o carvão.

No último tratado citado, o objetivo do autor não é outro senão propor uma teoria consistente do funcionamento dos alto-fornos, bem como do processo de carbonização (Guillot: 1872). É possível dizer, que a obra de Guillot é um compêndio pioneiro da “ciência da carbonização”. Essa conclusão é sugerida pelas divagações presentes no próprio texto, os quais relevam a inexistência de um conhecimento consolidado, ou pelo menos organizado, não apenas do processo abstrato de pirólise da biomassa, como das práticas de produção de carvão vegetal³⁴. Não havia uma teoria consolidada, ou melhor, um entendimento mais geral e compartilhado, a partir do qual seria possível delimitar as vantagens e as desvantagens de um dado método de carbonização. Essa era a realidade na Minas Gerais do século XIX. Também o era na França e na Suécia (Svedelius:1875). A diferença está em que, nos dois últimos países, havia a percepção de um tal estado de coisas, i.e., existiam atores sociais que reconheciam a necessidade de uma teoria da carbonização e se esforçavam para preencher tal lacuna, enquanto que, para a Minas Gerais do século XIX, não foi possível encontrar evidências para a manifestação de uma preocupação de tal natureza.

Mesmo sendo que, na prática, os métodos de carbonização adotados no Brasil e nos países europeus - e também nos Estados Unidos, como se lê em Overman (1852) -, predominantemente, diferissem apenas sensivelmente, no que tange ao aproveitamento da biomassa, o estágio, em que se encontrava cada uma das nações, do processo social de materialização de uma concepção acerca de como deveria se organizar a produção de carvão vegetal, era nitidamente discrepante. Os únicos membros da sociedade brasileira, e mais especificamente, de Minas Gerais, de que se poderia esperar uma reflexão mais ampla e desprendida da prática, acerca do tema, não viam na carbonização um objeto de estudo. O descaso para com a racionalização da obtenção do termo-redutor siderúrgico no plano das idéias atuava para perpetuar, pois, um descaso equivalente na prática.

Outra evidência do atraso nacional está na diferença entre os métodos de carbonização que os professores da Escola de Minas e os autores dos tratados supracitados opunham em suas considerações. Enquanto para os primeiros, a disputa se colocava entre Covas e Medas,

³⁴ «Cependant on chercherait vainement près des hommes les plus versés dans le métier [a produção de carvão vegetal], un renseignement un peu précis pouvant servir de base à une opinion quelconque, sur les causes d'un bon ou d'un mauvais cuisage [carvoejamento]. On ne trouve non plus sur cette matière, dans tous les nombreux ouvrages de métallurgie publiés jusqu'ici, aucun document méritant quelque confiance. Le peu qui s'y rencontre ne consiste qu'en quelques explications si vagues, si confuses, si incohérentes et souvent si contradictoires, qu'il est impossible d'en tirer quelques lumières (Guillot: 1872)».

estruturas de alvenaria, denominadas fornos de carbonização (ovens ou kilns), ganhavam as atenções dos observadores do estrangeiro. É recorrente nas obras dos últimos e em manuais modernos (Pinheiro et al: 2008, Emrich: 1985, FAO: 1987), o princípio de que as Medas, exatamente pela maneira como são construídas, permitem menor poder de controle ao operador do que fornos de tijolos. Supondo-se, portanto, um mesmo nível de habilidade para exercer o controle, esta tecnologia demandava menos lenha para produzir.

Gustaf Svedelius (1875) é categórico em afirmar que a produção de carvão em Medas exige um maior esforço e habilidade do carbonizador do que a operação de fornos de tijolos. I.e., no último caso o resultado final dependia mais da capacidade idiossincrática do trabalhador. Mesmo assim, o primeiro método – o qual, como sabemos, permite baixo poder de controle da carbonização ao operador -, era praticamente predominante na Suécia do século XIX e possuía grande difusão em outros países, conforme aponta o Svedelius³⁵.

Para Guillot (1873), se o objetivo da racionalização dos métodos de obtenção do termo-redutor vegetal, fosse não apenas a economia de lenha, mas também a recuperação dos compostos voláteis gerados como subprodutos, o método de Medas tinha de dar lugar a grandes estruturas “industriais”, construídas com tijolos e até mesmo ferro (Guillot: 1873).

O tratado de metalurgia de Frederik Overman, cuja terceira edição foi publicada nos Estados Unidos em 1852, trata das propriedades do carvão vegetal, bem como de técnicas para a produção do mesmo. Da leitura do trecho em que essas duas questões são focadas, é possível depreender que (i) eram adotados fornos de tijolos para realização da carbonização, além das tradicionais Medas, nos EUA, no século XIX; (ii) a Meda era a tecnologia de carbonização mais difundida mesmo sendo que; (iii) os fornos de tijolos poderiam, em diversas situações, afigurarem-se enquanto alternativa por meio da qual se poderia obter carvão a um menor custo (Overman: 1852)³⁶.

Um terceiro ponto de contraposição, latente na literatura examinada, diz respeito à organização do processo de trabalho.

³⁵ “Charring in an oven requires far less care than charring in a meiler [Meda]; the latter method requires much preparation, skill, and care to obtain good results. Still charring in meilers [Meda] is the method almost exclusively used in Sweden and generally used in other countries (Svedelius: 1872).”

³⁶ “Shortly before the Civil War the first charcoal kilns were introduced. These became popular throughout the industry after the war. The kiln was a permanent shell built of masonry, brick, or sheet iron. It had little vents which could be opened or closed by the collier to control carefully the rate of carbonization. The possibility of the wood being accidentally converted to ash was thus minimized. However, the wood was still coaled by the heat produced from its own partial combustion (Schallenberg & Ault:1977)”.

A fábrica de ferro Maramec, no Missouri, EUA, manteve-se ativa de 1829 a 1875. Em Massengale (2006) há uma descrição do processo de trabalho no carvoejamento. Havia um carvoeiro mestre cuja função era acender as Covas e supervisionar o trabalho dos carvoeiros, os quais assumiam as tarefas de ajustar a cobertura da Cova, conforme a carbonização se desenvolvia no interior. Tratava-se de uma tarefa delicada e que exigia experiência, uma vez que a espessura da camada da cobertura tinha de assumir uma magnitude exata, para evitar que a Cova fosse desmontada pelo vento, ou pela pressão exercida pelas explosões de gases em seu interior. O processo de carbonização que dentro de cada Cova era acompanhado em detalhe por dois carvoeiros, nos primeiros quatro dias após a ignição. Cabia ao carvoeiro mestre supervisionar a consecução desse trabalho para todas as Covas (Massengale: 2006).

Um pequeno estudo realizado em 1883 por um engenheiro americano, acerca da viabilidade de um projeto de estabelecimento de fábricas de ferro (Birkinbine: 1883), revela que, nos Estados Unidos, era desenvolvido um sistema de produção de carvão superior, em suas características organizacionais, ao predominantemente empregado na Minas Gerais do século XIX. Utilizavam-se Medas, dispendo-os em baterias (Birkinbine: 1883), i.e., em grupos caracterizados por possuírem um número idêntico de fornos, cada um deles em um estágio diferente, e subsequente, do processo de carbonização (Pinheiro et al: 2008)³⁷.

A descrição de autores como Sena (1881) revela que, na Minas Gerais do século XIX, o trabalho de carvoejamento era organizado de maneira a que cada trabalhador executasse, individualmente, todas as tarefas necessárias à obtenção do carvão de uma Cova. Não existia divisão do trabalho e não se organizava a produção em baterias de fornos, de modo que o resultado da carbonização, desenvolvida em cada Cova, dependia do esforço e da habilidade de um só trabalhador. Com isso, menor era a capacidade de evitar eventos controláveis que poderiam comprometer o resultado final, comparativamente ao que seria possível com o compartilhamento das tarefas.

³⁷ “Charcoal is made in meilers [Medas] in the wood and delivered to iron works at six cents per bushel. When kilns are used, a lower price still is often obtained; and if retorts are employed, a further reduction in cost is possible, even if the gaseous products are not utilized. To illustrate: Our iron works have a battery of kilns located in wood, very similar to that adjacent to the locations examined, and a responsible party contracted to cut the wood, haul it to kiln, carbonize it, and deliver the charcoal in cars at four cents per bushel (Birkinbine: 1883).”

2.4 A questão da produção de lenha

2.4.1 Identificação da situação

É possível deduzir de descrições feitas por Bovet (1883), Sena (1881) e Oliveira (1903), que a derrubada de árvores era completa, estendendo-se por uma área tão grande, dentro de uma floresta, quanto fosse necessário para suprir a demanda por carvão vegetal das fábricas próximas. Não se preservava algumas espécies ou conjuntos de árvores, de modo a favorecer a regeneração, prevalecendo, portanto a supressão enquanto modo de apropriação das florestas. Oliveira (1902) descreve da seguinte maneira o modo pelo qual as florestas eram apropriadas pela Usina Esperança, ao início do século XX: “*não se explor[am], derrub[am]-se brutalmente, diariamente e vandalicamente se destroem verdadeiras riquezas* (Oliveira: 1902).”

Não foram encontradas evidências da adoção, pelas forjas, usinas e produtores de carvão do período sob análise, de outro meio para a obtenção de lenha que não o desmatamento. Pelo contrário, as referências apontam somente a adoção deste último método: segundo Sena (1881), era o que valia para quase todas as forjas de Minas Gerais do século XIX³⁸. Na única descrição encontrada para o processo pelo qual mata era derrubada, lê-se: “*(...) deita-se fogo a uma porção de matto, e quando a obra de destruição está em parte effectuada, derribam-se as grandes arvores ainda em pé, recolhem-se os ramos quase carbonizados e acaba-se a carbonisação em covas: os arbustos dão o carvão miúdo os grossos troncos, o sapecado* (Ferrand:1882, 130).”

2.4.2 Determinantes da situação

A cópia da forma de apropriação de florestas empregada em outros usos do solo

A relação de apropriação estabelecida pelos trabalhadores envolvidos na produção de carvão seguia a prática dominante, equiparando-se em seu descaso para com a floresta, com que se observava no caso da agricultura, pecuária, atividade madeireira e na extração de lenha para as ferrovias (Dean: 2004). Não se conhecia outra maneira de acessar os recursos naturais comuns as áreas florestais, fossem eles a lenha ou o solo sob a floresta.

Contratação por empreitada

³⁸ “Além disto os carvoeiros, cortando as mattas sem ordem, nem methodo, não só nesta forja como em quasi todas as outras, deixam a descoberto a nascente das fontes que fornecem agua ás trompas e aos motores (Sena: 1881).” E para explicar o fenômeno do porque a destruição das matas determinava uma redução no volume das águas, o autor cita um exemplo dado por Humbolt.

A relação social que fundamentava o fornecimento do carvão vegetal se fazia em um impeditivo para uma exploração florestal menos agressiva. Quanto a isso, vejamos. Contratava-se não a mão-de-obra, mas sim a produção de carvão e, principalmente, como observam Sena (1881) e Bovet (1883), a floresta era cedida (junto com um adiantamento de víveres) pela maioria das forjas³⁹, prática adotada inclusive na Usina Esperança (Oliveira: 1902).

Quando isso se dava, o estímulo pecuniário a adotar o método cujo consumo de extensões de florestas por tonelada de carvão - e daí o dispêndio em propriedade fundiária - era menor, esterilizava-se. De um lado, os produtores não incorriam em qualquer custo para acessar a terra, não existindo, pois, o canal pelo qual o estímulo em questão operava. De outro, aqueles que haviam pagado pela terra não controlavam ou mesmo supervisionavam o uso que dela se fazia.

O estado do conhecimento referente à silvicultura

É recorrente nos textos dos professores da Escola de Minas a suposição de um período que uma floresta, após a exploração, levaria para regenerar-se, ou seja, repor espontaneamente, a partir do rebrotamento, as árvores extraídas. Variando entre no mínimo 12 e no máximo 23 anos ao longo dos textos, não se apresenta qualquer justificativa que remeta a um experimento ou a observações de matas exploradas para fins de carvoejamento (vide Oliveira: 1902 e 1903, Bovet: 1883, Sena: 1881). Havia uma crença na regeneração da floresta dentro de um período fixo, quaisquer que fossem os métodos de exploração adotados.

O único princípio de silvicultura pregado pelos professores da Escola de Minas era o de evitar-se fazer o corte da mata que se encontrava em período de recuperação (Oliveira: 1902 e 1903, Bovet: 1883, Sena: 1881). Ou seja, recomendava-se a organização da exploração a partir da divisão da extensão de terras detida pela fábrica de ferro em unidades de mesmo tamanho, de modo que o número dessas fosse numericamente igual ao número de anos que se acreditava que a floresta levava para regenerar-se. Desse modo, explorando uma unidade por

³⁹ Trata-se do que atestam os excertos: “ O carvão é feito nas seguinte condições,não só nestas, como em quase todas as forjas da bacia do Piracicaba: o proprietario fornece ao trabalhador a matta e o sustento; este vende-lhe depois o carvão a \$320 a carga, que pesa pelo menos 90 kilogrammos (...) todo o trabalho do combustível e seu transporte, até os depósitos, faz-se por empreitada, a fabrica somente fornece o matto (Sena: 1881)”.

“(...)os fabricantes, fornecendo aos carvoeiros as arvores já derribadas, porém não picadas, pag[am]-lhes a carga de carvão na porta [da fábrica de ferro] á 320 réis ou pouco mais ou menos 4 réis por kilo (Bovet: 1883).”

ano, ao atingir-se a última, poderia-se, no ano seguinte, voltar a explorar a primeira, já que haveriam passado tantos anos desde a exploração inicial desta quanto necessário para que ela se regenerasse.

Tal princípio pode ser denominado de rotação florestal múltipla (Schwappach: 1904). É sutil a percepção de que a adoção de tal princípio não impunha nenhuma restrição quanto à intensidade da exploração a ser realizada, medindo-se essa pelo número de árvores extraídas por hectare. O princípio de silvicultura dos professores da Escola de Minas de Ouro Preto poderia ser verificado mesmo em uma situação em que a supressão ou destruição de florestas fosse praticada para obter-se a lenha. Não há, em nenhum dos textos consultados, qualquer trecho que desautorize essa conclusão: a questão da intensidade da exploração não é sequer mencionada.

Não se enxergava, pois, qualquer relação entre a intensidade de exploração e o comprometimento da capacidade da floresta para regenerar-se. Era como se a floresta fosse composta pela justaposição de múltiplos grupos homogêneos de árvores, entre os quais não houvesse uma relação de dependência ou ajuda mútua. Porém, existiam desde a segunda metade do século XVIII manuais de silvicultura nos quais se afirmava que a capacidade de regeneração de uma floresta depende tanto do número de árvores derrubadas na exploração, como das funções desempenhadas por essas árvores na floresta (Schwappach: 1904).

Acreditava-se, e isso está patente nos textos dos professores da Escola de Minas de Ouro Preto, os quais representavam a elite intelectual de Minas Gerais à época, que mesmo sendo submetida à supressão, a floresta voltaria. Prevalecendo a idéia de que as florestas eram de tal modo resistentes, somente quando isso se revelasse irremediavelmente errado, é que haveria possibilidade de ver-se uma correção do modo de apropriação desses sistemas naturais.

É possível levar adiante nossa crítica da concepção de florestas vigente à época entre os atores envolvidos em atividades siderúrgicas. Para isso, tomemos o excerto de Sena (1881) a seguir.

“Causa lastima o modo porque consomem [as covas] em pouco tempo florestas inteiras, deixando em estado de completa inutilidade magnificas jazidas de um minerio riquissimo. Desapparecem as mattas de dia para dia, trazendo como consequencia grande diminuição no volume das águas que devem dar movimento aos motores. Parece que ainda se não convenceram os proprietarios destas forjas que a conservação das florestas é questão capital na industria do ferro. Esperam talvez que ellas fornecerão combustível indefinidamente apesar do modo inconveniente por que são exploradas. E que ha de fazer o proprietário de uma forja, embora cercada de verdadeiras montanhas de oligisto, si lhe vem a faltar

combustível?! Que vantagens trarão á província de Minas todas estas riquezas mineraes que a natureza a mãos cheias semeou em seu solo, si, destruídas as suas florestas, tiver ella de receber os instrumentos indispensaveis á vida ou da metropole, como nos antigos tempos coloniaes, ou de alguma outra provincia mais bem fadada que ella?? [grifos não constam no original]”

Depreende-se dos períodos grifados que se havia, pois, preocupação com a conservação de florestas essa tinha como fundamento e limite a garantia de condições para o desenvolvimento da siderurgia. As florestas eram vistas como apêndices das fábricas de ferro, como um elemento cuja importância se definia pela função que desempenhavam para a atividade em questão. Uma definição funcionalista unidimensional, já que floresta deveria servir a uma e somente uma função básica, o suprimento de lenha. Utilizará-se a expressão “concepção das florestas enquanto reservatórios de carbono”, para sintetizar a visão ora exposta, sempre que houver, nos capítulos seguintes, evidências de sua vigência.

2.4.3 Comparação com a situação de outros países

A intervenção da siderurgia em ecossistemas florestais se dava, em países europeus e nos Estados Unidos, de maneira análoga a observada na Minas Gerais do século XIX. Algumas evidências autorizam, portanto, a observação de que a concepção de florestas enquanto minas de carbono, era uma constante na siderurgia a carvão vegetal ao longo do mundo.

Medidas tomadas pelo governo sueco, desde pelo menos o século XVI, não se mostraram capazes de impedir a redução da extensão coberta por florestas naturais, resultado para o qual contribuiu não somente a siderurgia a carvão vegetal, mas também, o setor madeireiro e a indústria de papel e celulose. Por trás da relação entre essas atividades e a exaustão do estoque do recurso natural de que eram dependentes, esteve, segundo Eli Hecksher, a inexistência de práticas de combate ao subaproveitamento.

In iron-producing districts some measures of forest conservation had been introduced long ago (...). In the country at large, however, the abundance of wood had been such that no serious thought was given to its consumption until the forest had already been severely depleted (Heckscher: 1954).”

O texto de Muntz (1960) avalia a história daquele que fora, antes de revolução americana, um dos principais centros da siderurgia a carvão vegetal nos Estados Unidos: as terras altas de New Jersey. É feita referência ao diário, escrito entre 1783 e 1784, por um viajante alemão, “treinado em silvicultura e botânica”, quem denunciava o uso indiscriminado das florestas da

região para a produção de carvão vegetal. Segundo o viajante, não era seguido um método de exploração ordenado, simplesmente cortava-se a floresta a esmo⁴⁰.

O próprio Muntz aponta que as modificações introduzidas na floresta e mesmo na paisagem das terras altas de New Jersey como um todo, por um século de corte raso e queimadas, realizadas com o intuito de extrair a biomassa florestal, comprometeram irreversivelmente o ecossistema e o estoque deste recurso⁴¹ (Muntz: 1960).

2.5 Conclusão do capítulo

No que tange à redução do minério de ferro e à carbonização, a Minas Gerais do século XIX encontrava-se em um patamar tecnológico inferior ao de países com França, Suécia e os Estados Unidos. As razões podem ser encontradas em peculiaridades da estrutura social e econômica, entre eles a resistência em manter a escravidão, a baixa diversificação do tecido econômico e a insuficiência da infraestrutura de transporte. Para o caso específico da carbonização, a inexistência de uma concepção do processo de carbonização enquanto objeto de estudo, impediu a disseminação de uma percepção acerca das vantagens de empregar métodos que possibilitassem maior poder de controle sobre o processo natural de carbonização. Considerando-se as técnicas de exploração florestal, não foram encontradas evidências que permitissem distinguir a Minas Gerais do século XIX de países em que a siderurgia a carvão vegetal ainda possuía relevância. A apropriação desregrada, supressora da floresta, aparecia enquanto face inexorável deste segmento produtivo, em todas as regiões das quais se têm notícia.

⁴⁰ “The business of the mines and foundries, in New Jersey as well as throughout America, cannot be said to be on a firm a basis as in most parts of Europe, because nobody is concerned about forest preservation, and without an uninterrupted supply of fuel and timber, many works must go to ruin, as indeed has already been the case here and there. The owners of furnaces and foundries possess for the most part great tracts of appurtenant woods, which are cut off, however, without system of order (Muntz: 1960, citando o viajante alemão).”

⁴¹ “What were the results of more than a century of cutting for charcoal on the forests of the Highlands? One was that repeated clear-cuttings of immature stands favored the growth of sprout hardwoods, particularly oak and chesnut, over species such as hemlock and sugar maple which show little or no tendency to sprout in New Jersey and reproduce by seed. Thus cutting, together with the fires which frequently swept over the area, probably affected composition of the woodlands to a considerable extent (Muntz: 1960).”

3 SÉCULO XX: EXTRAÇÃO E CARBONIZAÇÃO DA BIOMASSA FLORESTAL

3.1 Introdução

O período de 1920 a 1960 é marcado pelo esforço nacional de industrialização (Furtado: 1980 Tavares: 1972, Dean: 2004). A produção de ferro e aço assumiu papel de destaque nesse processo, dando subsídio a obras de infraestrutura, das quais se destacam as ferrovias, um dos setores que historicamente funcionou como motor da siderurgia (como relata Modig: 1972, para o caso da Suécia, Massengale: 2006, para os Estados Unidos e Dean: 2004, para o Brasil). A construção civil e a nascente indústria automobilística nacional constituíram-se em motores não menos importantes, sendo que a última foi de especial importância para a consolidação de um parque de usinas produtoras de ferro-gusa, nos municípios de Sete Lagoas, Itabirito e Contagem, centro-oeste de Minas Gerais (Moyen: 2007, Baer: 1969).

O impulso gerado pela industrialização foi aproveitado em termos de inovação tecnológica pelo setor siderúrgico, o que não deixou de se estender à produção de carvão vegetal (Osse: 1986, Moyen: 2004, Azevedo: 1962, Gomes: 1983). As siderúrgicas integradas abandonaram as Medas, ainda que tardiamente, de modo que o período em tela pode ser denominado de “era dos fornos de alvenaria”. Outro fato digno de nota é o de que começam a ser realizados, em 1940, experimentos com espécies arbóreas, visando-se encontrar soluções para substituir a mata nativa, enquanto fonte primária de carbono.

Após a segunda guerra mundial, o termo “desenvolvimento econômico” criou raízes no imaginário coletivo, principalmente na mente de dirigentes governamentais e da elite econômica. Seguindo Dean (2004), o conceito que correspondia, à época, ao termo, era o de *“proposta de que se podia conceber políticas de governo que estimulariam a acumulação de capital e a industrialização e, com isso, um ritmo de crescimento econômico muito mais rápido que qualquer outro experimentado na história.”* Tratava-se, como o próprio autor aponta, de um resquício do período de guerra, o qual fora suficiente para inculcar nas elites latino-americanas a impressão de que suas nações eram inferiores, tanto no que respeitava ao poderio bélico, mas também produtivo, comparativamente aos “países do centro”. Fundamental para o tema sob exame, é a observação do mesmo autor de que o governo passou a perseguir a meta de “transformar o minério de ferro na matéria-prima da indústria pesada (Dean: 2004).”

Em 1921 foi fundada a Companhia Siderúrgica Belgo Mineira (CSBM). A CSBM nasceu de uma cooperação entre dois engenheiros brasileiros formados pela Escola de Minas de Ouro

Preto e industriais e engenheiros belgas, associados ao grupo siderúrgico Acieries Réunies de Burbach-Eich-Dudelange (ARBED), tanto no âmbito financeiro como tecnológico. Ela foi construída a partir da combinação de conhecimentos detidos pelos técnicos belgas, que bem conheciam a siderurgia movida a carvão mineral, predominante no mundo desenvolvido, e os mineiros, que tinham experiência em lidar com o carvão vegetal para fins siderúrgicos (Baer: 1969, Brito et al: 1997, Gomes: 1983).

Desde o início do projeto, intencionava-se fundar a planta no município hoje denominado João Monlevade, no leste de Minas Gerais, em uma região próxima ao curso do Rio Piracicaba, um dos afluentes do Rio Doce. Porém, somente depois que a ferrovia Vitória-Minas alcançou essa localidade, em 1934, deu-se início à obra. Em 1937, com a inauguração da usina de João Monlevade, entrou em operação, em Minas Gerais, a primeira siderúrgica integrada (produtora de aço) da América Latina.

Essa “atração magnética” exercida pelo Vale do Rio Doce sobre os dirigentes do projeto CSBM se devia fundamentalmente à abundância local de recursos naturais essenciais à produção de aço, entre eles o minério de ferro, as reservas florestais naturais aproveitáveis para a produção do carvão vegetal – os dois principais insumos a partir dos quais o aço é gerado -, o potencial hidrelétrico do rio Piracicaba, e também seu potencial para servir à eliminação de resíduos industriais (Timóteo: 2001, Gomes: 1983, Brito et al: 1997, Baer; 1969). O plano de prolongamento da ferrovia Vitória-Minas pela região era um atrativo de primeira importância, pois resolvia o problema de transporte tanto dos insumos como do produto final.

Pelos mesmos motivos a Companhia de Aços Especiais de Itabira (ACESITA) foi instalada na região do Vale do Rio Doce, na área hoje compreendida pelo município de Timóteo, começando a operar em 1951 (Strauch: 1956, Baer: 1969, Brito et al: 1997, Gomes: 1983). Fora fundada pelo empresário americano Percival Farquhar, de ampla atuação na organização e no estabelecimento de projetos industriais e de infra-estrutura em países subdesenvolvidos entre os quais o Brasil.

Essa realização de Farquhar representou o final de uma longa história cujo início remete a 1911, ano em que a Itabira Iron Ore Company foi criada pelo capitalista inglês Ernest Cassel. Este havia adquirido uma área sob a qual se encontrava uma das maiores jazidas minerais do país, dentro do estado de Minas Gerais, na cidade de Itabira. Dado o já mencionado interesse nacionalista em manter o controle sobre as reservas minerais, a autorização oficial de exploração nunca foi concedida a Cassel, e o controle da companhia foi alienado para outros

empresários até chegar às mãos de Farquhar. Inicialmente o último possuía como projeto tanto a exploração comercial das reservas mineiras como seu aproveitamento em uma usina siderúrgica. Após diversos impasses, impostos pela resistência do governo a conceder o direito de exploração da reserva mineral, por dificuldades de levantar financiamento, entre outros problemas, Farquhar pôde fundar a ACESITA (Baer: 1969, Gomes: 1983).

A linha de produção da ACESITA fora planejada com o objetivo de criar uma diferenciação de produto, o que permitiria competitividade no mercado interno. Tratava-se de produzir aços de alta qualidade, os chamados aços especiais. Em 1952 o controle da firma passou ao Banco do Brasil, sendo estatizada (Baer: 1969, Gomes: 1983).

Outra indústria de grande importância para a siderurgia a carvão vegetal no Brasil foi a Companhia Siderúrgica Mannesmann, fundada em 1952 e inaugurada em 1954, por empresários alemães do setor siderúrgico. Localizada na cidade de Barreiro, na atual região conhecida como grande Belo Horizonte, inicialmente produzia “aços comerciais, especiais e de qualidade e tubos com e sem costura” (Baer: 1969, Gomes: 1983).

Até o presente momento, ocupamo-nos da história das empresas cujo consumo de carvão vegetal justificava-se pelo objetivo de produção de aço. Porém temos aí somente um dos dois segmentos do setor mineiro em que é possível dividir a demanda pelo termo-redutor vegetal. Para ter o panorama completo, é preciso, pois, levar em conta as indústrias cuja cadeia produtiva não se estendia até o aço, parando antes disso, no estágio de obtenção do ferro-gusa. Diferentemente, portanto, das produtoras de aço, o objetivo dessas últimas plantas produtivas é comercializar o ferro-gusa enquanto produto final e não empregá-lo enquanto insumo para o fabrico do aço (Baer: 1969, Gomes: 1983).

Apesar de o surgimento, no país, da siderurgia independente – nome que se dá para o conjunto composto pelos produtores de ferro-gusa – poder ser rastreado à Companhia Queiroz Jr., criada em 1888, é apenas a partir da década de 1950 que esse segmento se consolidaria, o que se deu na região centro-oeste do estado de Minas Gerais, mais precisamente nos municípios de Divinópolis, Itaúna e Sete Lagoas (Baer: 1969, Gomes: 1983, Nogueira: 2005). Tal consolidação foi impulsionada pelo estabelecimento da indústria automobilística no sudeste do Brasil, com o plano de metas do governo Juscelino Kubstischek de 1956, o qual teve um rápido efeito em termos de ampliação da demanda por ferro-gusa (Gomes: 1983, Baer: 1969). Baer (1969) relata que o contexto permissivo estimulou empresários de pequeno porte, os quais possuíam propriedades fundiárias com reservas de minérios de ferro, a construírem pequenos alto-fornos (Baer: 1969, pg.83). O ferro-gusa dos produtores independentes também

supria as necessidades das siderúrgicas integradas, quando a produção própria delas era menor do que a suficiente para atingir a escala ótima na produção de aço.

As principais diferenças – além, é claro, da já mencionada extensão da cadeia produtiva - entre produtores de ferro gusa e produtores de aço estão no menor grau de capitalização dos primeiros e na menor escala produtiva, medida em termos de toneladas de gusa por ano (Baer: 1969, Gomes: 1983).

Após todos os movimentos aqui apontados, os quais levaram à formação do parque siderúrgico a carvão vegetal no estado de Minas Gerais, esse parque se afigurava em meados da década de 1960, estritamente no que tange a seu consumo de carvão vegetal, tal como a tabela a seguir mostra.

Tabela 4 - perfil do consumo de carvão vegetal pelo setor siderúrgico mineiro em 1964

Por grau de integração à produção de aço	Integradas: 61%*. (CSBM: 52,85%, ACESITA: 9%)	Independentes: 39%
Por região	Vale do Rio Doce (Leste de Minas Gerais): 61%	Centro-Oeste de Minas Gerais: 39%

*As proporções se referem à participação no consumo total de carvão vegetal do setor siderúrgico mineiro.

Esclarecimento: a tabela foi elaborada supondo que o coeficiente de transformação de carvão vegetal em ferro-gusa é igual para todas as empresas, sendo integradas ou não. Assim sendo, a participação de cada uma na produção anual total de ferro-gusa é igual à participação individual no consumo total de carvão vegetal. Com isso bastou tomar os números referentes à produção de ferro-gusa para o ano de 1964, tal como informados nas páginas 89 e 174 de Baer, 1969.

Fonte: Baer, 1969. Elaboração do autor.

Como vemos, as plantas integradas eram responsáveis pela maior proporção do consumo de carvão vegetal de fins siderúrgicos, o qual estava espacialmente dividido entre o leste e o centro-oeste do estado de Minas Gerais.

3.2 A questão do consumo de carvão vegetal

“Entre 1891 e fins dos anos de 1930, a siderurgia a carvão vegetal superou a fase pioneira dos alto-fornos (Osse: 1986)”, uma fase experimental, em que a tecnologia estava ainda em vias de ser dominada pelos brasileiros. A partir de 1930, portanto, passaram a predominar alto-fornos com consumo específico consideravelmente inferior ao que valia até então e, segundo deduz-se da leitura de Osse (1986), equivalentes, em tal aspecto, aos sob uso em outros países.

Em 1948 foi inaugurada a primeira instalação de sinterização do Brasil, pela CSBM. A sinterização é um procedimento que consiste em misturar finos de carvão – fragmentos de carvão vegetal de baixa granulometria, gerados pela manipulação do termo-redutor - com pó de minério de ferro – um subproduto também gerado pela manipulação -, obtendo-se pelotas que são introduzidas no alto-forno em conjunto com a carga normal (minério de ferro e peças de carvão vegetal). Além de proporcionar o aproveitamento de materiais geralmente descartados, o uso do sinter reduz o consumo específico do alto-forno. A sinterização é, portanto, uma medida que atua por dois canais diferentes para gerar uma redução do consumo de carvão vegetal por alto-fornos (Osse: 1986, Baer: 1969).

O efeito, registrado por um estudo citado por Osse (1986), é de uma redução de no máximo 45% do consumo específico, sendo que essa magnitude varia com a proporção da carga do alto-forno representado pelo sinter. Porém, dados informados por Osse (1986), revelam que até meados da década de 1950 o consumo específico esteve, em Minas Gerais, acima do patamar registrado para o ano de 1926, nos Estados Unidos⁴².

O que se pode concluir é que, com base em Osse (1986) - o estudo mais detalhado acerca do avanço da tecnologia de redução, no âmbito da siderurgia a carvão vegetal mineira que se pôde encontrar – de 1930 em diante, os alto-fornos de Minas Gerais convergiram, ainda que tardia e vagarosamente, veja-se bem, para as melhores práticas difundidas internacionalmente⁴³.

3.3 A questão da produção de carvão vegetal

3.3.1 O período das Medas (1920-1953)

As Medas foram predominantemente adotadas, em Minas Gerais, até meados de 1950, como apontam os excertos abaixo:

⁴² A média para os três valores para o consumo específico apresentados na tabela 2 do artigo de Schallenberg & Ault (1977), é de 91,5 bushels de carvão vegetal / tFG. Utilizando a taxa de conversão de bushel em m³ de 0,03524 bushel / m³ (Wolfram Alpha: 2009), chega-se ao patamar de 3,22446 m³CV/tCV. Segundo Osse (1986), o consumo específico médio de Minas Gerais era, em 1950, de 3,792 m³CV/tCV. São registrados diversos valores diferentes para o período posterior, mas entre eles, todos os associados ao uso do sinter são inferiores ao patamar americano de 1926 (Osse: 1986).

⁴³ “About 200 years ago one ton of pig iron produced in Sweden required over two tons of charcoal, i.e., probably about 18 cubic meters of solid wood (softwood). A century ago the requirements were less than 1.6 tons of charcoal or 12 cubic meters of softwood. Today about 0.7 tons of charcoal (equal to coke) are normally required corresponding to only 5 cubic meters of softwood due to higher yields of charcoal. If hardwoods are used this may drop to 3.6 cubic meters or even less in the case of very dense wood. Very substantial economies have clearly been achieved in the use of wood and charcoal (FAO: 1964).” Em Osse (1986), há registro de valores para o consumo específico os alto-fornos de Minas Gerais, superiores a 0.7tCV/tFG, até o ano de 1976.

“Quase todo carvão consumido na Usina de Monlevade [a principal usina em produção de ferro-gusa da CSBM, à época] é produzido pelos primitivos processos de “balões”, também chamados “medas”. A dispersão das reservas florestais e a boa qualidade do carvão obtido justificam o emprego deste sistema [CSBM: 1953].”

“Las observaciones del Dr. Francisco de Monlevade, que dirigió dos grandes usinas em Minas Gerais, publicadas em 1939, indicam que el carbón se hacía em parvas [Medas] de 150 ‘metros cúbicos’ de leña, com um leñoindice de 3 a 3,5000 ‘metros cúbicos’ por metro cúbico de carbón (Osse: 1986).”

Como já foi observado, o controle que o operador pode exercer sobre o processo de carbonização, de modo a ampliar a quantidade de carvão obtida por unidade de madeira (rendimento da carbonização) é praticamente nulo, em fornos deste tipo (Pinheiro et al 2008, Overman: 1852, Svedelius: 1875). Esse impeditivo à redução do coeficiente de madeira consumida por unidade de carvão, conjugado com o fato de tal coeficiente ser da ordem de 0,1 t de carvão / t de madeira, (Pinheiro et al 2008, Osse: 1986), mostra que Meda subaproveita a biomassa florestal.

Uma evidência para isso está no excerto a seguir, extraído de um documento de circulação interna à Companhia Agroflorestral Santa Bárbara (CAF), serviço florestal da CSBM; (atualmente denominada Arcelor Mittal Florestas):

“Os rendimentos da caeira [Meda] e da fossa são os mais baixos: apenas 1 estere de carvão para 4 de lenha enformada.” Ou seja, tem-se um rendimento volumétrico de 0,25m³CV/m³L (CAF-CSBM: 1953).

De acordo com Timóteo (2001) e Osse (1986), as siderúrgicas de Minas Gerais mantiveram o uso da Meda até pelo menos 1957. Uma razão parece estar no baixo investimento necessário para colocar um esquema Meda em movimento (FAO: 1987). Os fornos Meda são descartáveis, pois assim que o processo de carbonização é concluído, tem de ser desmontados para que o carvão possa ser extraído⁴⁴. Duram, pois, apenas um ciclo de produção. Sua principal característica está em que o dispêndio necessário para construí-los – em remuneração dos carvoeiros - representa um investimento em capital circulante ou capital de giro, e não em capital fixo. Assim as empresas deixavam de empatar recursos na carbonização, podendo aplicá-lo, por exemplo, na expansão da capacidade produtiva de seus alto-fornos.

⁴⁴ Está escrito em um texto da CAF de meados de 1950 que as medas: “[a]presentam a vantagem de poderem ser feitas no próprio local de derrubada, evitando o transporte de lenha. São, por isso, instalações móveis (CAF-CSBM: 1950).”

A importância de utilizar métodos de carbonização que permitissem ampliar o rendimento volumétrico é não desprezível. Um cálculo simples mostra isso. Ney Strauch, geógrafo que visitou o vale do Rio Doce e as carvoarias da Belgo-Mineira no ano de 1956, informa que o consumo de carvão vegetal com fins siderúrgicos em tal região era de 1.000.000 m³ de por ano. Supondo uma densidade de 0,2 tCV / m³CV (CSBM: 1953), a taxa de conversão típica dos fornos Meda (0,1tCV/ tL) a um consumo de mata nativa da ordem de 2.000.000 toneladas de madeira. Porém, se a taxa de conversão passasse a 0,2 t de carvão / t de madeira, o consumo cairia pela metade, e com ele a área de exploração necessária para liberar o recurso florestal. O fato é que os fornos Meda, por suas características físicas, não permitiam essa melhoria de performance.

Além disso, o resultado final da produção continuava a ser consideravelmente sensível à habilidade do carvoeiro e ao grau de esforço imputado pelo mesmo à administração dos cuidados necessários à otimização da performance (Svedelius: 1875, Guillot: 1873, Massengale: 2006)⁴⁵.

3.3.2 O período dos fornos de alvenaria (1952-)

A CSBM começa a empregar em 1952 fornos de alvenaria, similares aos atualmente conhecidos por “rabo quente” (Timóteo: 2001)⁴⁶. São fornos semi-esféricos, “construídos com tijolos cozidos e rejuntados por barro” (Pinheiro et al:2008) (vide figura 3). Osse (1986) registra que os resultados de “medições cuidadosas”, realizadas em São Paulo, no ano de 1942, revelavam que o rendimento atingido em fornos de alvenaria poderia ser até 36% do que o atingido em Medas.

⁴⁵ «La carbonisation en meules [Medas] nécessite une habileté professionnelle qui disparaît les vieux charbonniers; puis les ouvriers ne veulent plus s’astreindre à ce travail, qui est surtout une surveillance de jour et de nuit pendant la cuisson; il faut modifier fréquemment les événements suivant la direction et l’intensité du vent, maintenir continuellement la couverture en meule en bon état malgré ses affaissements, etc (Ringelmann: 1928).» E, ainda: “O tamanho da caieira [Meda] deve ser limitado, porque, quanto maior, mais difícil de ser trabalhada, exigindo atenção constante do carvoeiro; são muito comuns os acidentes: às vezes a caieira pega fogo e queima completamente: a lenha desce, deixando a cobertura sem apoio e o carvoeiro que trabalha em cima dela cai com a cobertura, é ‘engolido’ (CAF-CSBM: 1953).”

] nécessite une habileté professionnelle qui disparaît les vieux charbonniers; puis les ouvriers ne veulent plus s’astreindre à ce travail, qui est surtout une surveillance de jour et de nuit pendant la cuisson; il faut modifier fréquemment les événements suivant la direction et l’intensité du vent, maintenir continuellement la couverture en meule en bon état malgré ses affaissements, etc (Ringelmann: 1928).» E, ainda: “O tamanho da caieira [Meda] deve ser limitado, porque, quanto maior, mais difícil de ser trabalhada, exigindo atenção constante do carvoeiro; são muito comuns os acidentes: às vezes a caieira pega fogo e queima completamente: a lenha desce, deixando a cobertura sem apoio e o carvoeiro que trabalha em cima dela cai com a cobertura, é ‘engolido’ (CAF-CSBM: 1953).”

⁴⁶ Lê-se, em documento publicado pela CSBM no ano de 1953: “Recentemente começaram a ser introduzidos com sucesso, fornos metálicos, semi-metálicos e de tijolos (CAF-CSBM: 1953)”.

Os fornos rabo quente permitem maior poder de controle sobre o processo de carbonização relativamente aos fornos Meda (CAF-CSBM: 1950, Pinheiro et al: 2008), porém o resultado final continua a depender consideravelmente da habilidade e do esforço do operador (FAO: 1956). Isso pois, tal como nos Meda, o exercício do controle é feito de maneira sensorial, pela observação da cor e cheiro da fumaça exalada, e da temperatura das paredes do forno (CAF-CSBM: 1950). O trabalho não exige, portanto, formação específica do trabalhador.



Figura 3 - Fornos rabo-quente (Monteiro: 2004)

Segundo Timóteo (2001), os fornos rabo-quente adotados pela CSBM tinham uma maior capacidade de produção do que o modelo Meda e foram desenhados exatamente para permitir um aumento da escala de produção e a obtenção de um carvão com propriedades físico-químicas mais adequadas ao uso siderúrgico. Esses fornos foram predominantemente adotados até pelo menos meados da década de 1970 (Timóteo : 2001, Rosillo-Calle et al: 1996).

A introdução dos fornos rabo-quente foi o marco inicial de uma transformação na postura das siderúrgicas mineiras em relação às tecnologias de carbonização. A partir daí, programas de pesquisa e desenvolvimento em prol do aumento do aproveitamento da lenha e da implementação da qualidade de termo-redutor, tornam-se uma constante.

Conforme revela um documento de 1953 (CAF-CSBM: 1953), na década de 1950 a CSBM criou um “Serviço Experimental”, encarregado de: “melhorar o rendimento da exploração das matas nativas”, “racionalizar a operação dos fornos-meda, único processo que [a CSBM] usa atualmente”, e “produzir bom carvão siderúrgico”. Existia, como indica o documento, conhecimento de diversos métodos alternativos de carbonização: “as fossas [Covas], as caieiras (medas), fornos de tijolos ou fornos metálicos, retortas e fornos contínuos.” Mesmo assim, o mesmo texto afirma que : “Na Belgo Mineira se usa os fornos de tijolos. Os demais processos, em vista de sua construção e conservação onerosas, são ainda rejeitados.” Apesar disso, em 1955, testes com protótipos de retortas foram realizados pela CAF (CSBM: 1955).

Um estudo, denominado “Carvão vegetal para a indústria”, foi escrito por um membro da CAF em 1962. O autor diz, logo de início, que é “a primeira vez que o carvão vegetal merece no Brasil tal distinção”, o que dá a entender que este encontro de 1962, em Belo Horizonte, foi o primeiro acerca de “combustíveis para Siderurgia”, a tomar lugar no país. E segue o autor: *“O problema do carvão vegetal para siderurgia ganhou nestes últimos anos a prioridade. Tendo se tornado questão de sobrevivência para várias indústrias de envergadura, estas passaram a estudar o problema sem medo de enfrentá-lo. Estas grandes indústrias buscam, na criação de florestas industriais, a solução para o problema das distâncias e da pequena densidade das florestas ainda existentes (CAF-CSBM: 1962).”*

São analisados, neste mesmo documento, três métodos que não pressupõem a queima (combustão) de parte da lenha para dar início à carbonização - o calor necessário é introduzido por uma fonte externa. Segundo o próprio autor, tais métodos eram antigos, do século XIX, e tinham sido desenvolvidos como alternativa as Medas, visando-se aumentar o aproveitamento energético, e também a economia de lenha. Os três processos examinados são adaptados à recuperação de compostos voláteis, sendo eles: o “forno-túnel”, empregado na Áustria por uma empresa do setor químico, o forno “Reichert-Degussa”, de design alemão, as retortas SIFIC - ou Lambiotte, como são mais conhecidas -, operadas por uma empresa do setor químico da França. Isso demonstra que as siderúrgicas integradas tinham conhecimento de tecnologias de carbonização inovadoras, utilizadas no exterior. É também de crucial relevância a informação de que os três métodos analisados em CAF-CSBM (1962) seriam empregados, estritamente, na carbonização de lenha de eucalipto (o próximo capítulo trata do advento desta fonte de biomassa para a siderurgia mineira).

Outra evidência de interesse é o fato de que os técnicos da CSBM haviam desenvolvido um aparato que possibilitaria reduzir o risco de o carvão recém saído do forno entrar em

combustão, denominado aerador, o que mostra que na década de 1960, já existia capacidade em Minas Gerais para desenvolver soluções tecnológicas para a produção de carvão vegetal (CAF-CSBM: 1962).

Os fatos apresentados são suficientes para dar subsídio à conclusão de que a década de 1950 marca a saída da siderurgia a carvão vegetal de uma posição estacionária, no que respeita às tecnologias de carbonização empregadas. Deve-se destacar a concomitância deste evento com os primeiros passos das siderúrgicas integradas no sentido de descolamento das florestas, por meio da formação de plantações de eucalipto – a qual é comprovada por documentos internos ao serviço florestal da CSBM, a CAF (CSBM: 1953, CSBM: 1955, CAF-CSBM: 1962)⁴⁷. Os desdobramentos que se seguiram nas próximas décadas corroboram a impressão de que houve, após a década de 1950, uma ruptura com a predominância absoluta de tecnologias subaproveitadoras de biomassa.

Dois artigos do segundo seminário sobre siderurgia a carvão vegetal, promovido pela Associação Brasileira de Carvão Vegetal (ABRACAVE) em 1979, faziam menção a retortas. Trata-se de uma tecnologia que, além de gerar carvão, condensa os gases emitidos pela carbonização, convertendo-os em produtos como o alcatrão e o ácido pirolenhoso. Um destes textos fora escrito por membros da CSBM, o qual afirmava que as retortas seriam uma alternativa desde que “o governo concorde em facilitar a absorção desta tecnologia externa.” A crise do petróleo do início dos anos de 1970, era posta como oportunidade vantajosa para o emprego das retortas, uma vez que tal tecnologia permitia converter subprodutos da carbonização em substitutos a alguns derivados do petróleo⁴⁸.

Em um documento de circulação interna à CAF, de 1989, a evolução tecnológica na produção de carvão é descrita da seguinte maneira: até 1972 e depois de 1972 (CAF-CSBM: 1989). É dito que, no primeiro período, o carvão era produzido em dois tipos de fornos, os de superfície e de encosta, fornos de tijolos cujas diferenças em relação ao forno rabo-quente estão na substituição das entradas/saídas laterais (e superiores) de ar por uma ou mais chaminés (vide figura 4) e na incorporação de uma cinta metálica na estrutura, para reforçá-la (Zuchi: 2001) – os fornos de encosta eram construídos de modo que parte de sua estrutura ficasse incrustada em barrancos e somente o restante fosse forjado com tijolos (Brito & Barrichelo: 1981). No

⁴⁷ Em Netto (1979), é possível ler: “No carvoejamento ora praticado para carbonização das essências nativas utiliza-se de fornos ou medas de tijolos comuns (...). No caso da carbonização de madeira de eucalipto, são utilizados fornos, também de tijolos, porém mais desenvolvidos, aperfeiçoados no Estado de Minas Gerais.”

⁴⁸ Textos como Rosillo-Calle et al (1996), Netto (1979) e Osse (1986), reconhecem que a crise do petróleo atuou para estimular a siderurgia a carvão vegetal no que tange à inovação tecnológica no campo da carbonização.

segundo período foram desenvolvidas diversas iniciativas para possibilitar a recuperação dos compostos voláteis. A CAF teria, inclusive, adotado fornos metálicos na década de 1980 (CAF-CSBM: 1989).

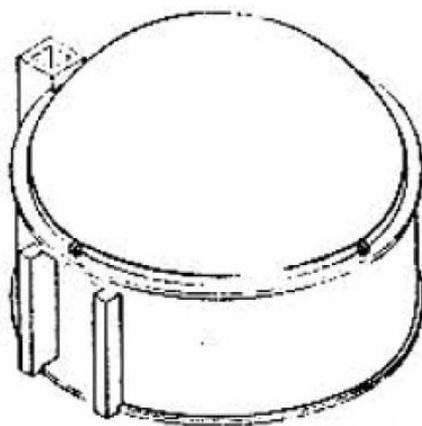


Figura 4 - Forno de superfície (adaptado de Sabloswki: 2008)

Segundo Timóteo (2002), na CAF, “[a] possibilidade de substituição da tecnologia de fabricação do carvão com fornos de alvenaria ao "ar livre" (fornos de superfície) por fornos automatizados tem sido buscada desde a década de 80.” De fato, a partir da década de 1990, as siderúrgicas integradas Mannesmann (cujo nome é, atualmente, Vallourec & Mannesmann), ACESITA (hoje Arcelor Mittal Brasil) e CSBM (também parte do grupo Arcelor Mittal Brasil), passam a utilizar fornos retangulares de concreto armado do tipo Missouri, os quais permitem mecanização total do processo de carga (com lenha) e descarga (com carvão) (vide figura 6). A exploração de economias de escala na carbonização, com o emprego desta tecnologia, deve ser destacada uma de suas principais características, dado que os fornos Missouri podem atingir um tamanho suficiente para se equiparar à capacidade de produção de pelo menos 20 fornos rabo-quente (é o que pode ser deduzido dos números informados por Pinheiro et al: 2008 e Sampaio et al: 2007). Neste caso o principal fator gerador de economia de escala é a redução da remuneração paga pelo carregamento e descarregamento dos fornos.

Ao lado dos fornos Missouri, versões melhoradas dos fornos de superfície adotados na década de 1970, denominados “fornos JG” ou “fornos PP”, de formato circular e com chaminés (vide figura 7), completam o conjunto tecnológico das plantas de carbonização das siderúrgicas integradas (Zuchi: 2001 e trabalho de campo realizado em 2008).



Figura 5 - Forno JG (Bastos Filho: 2006)

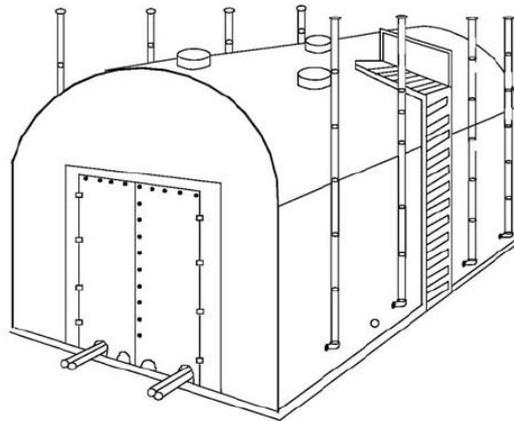


Figura 6 - Forno Missouri (FAO: 2008)

As evidências apresentadas revelam que, após a década de 1950, o estado geral de estagnação em técnicas de carbonização de baixo aproveitamento de biomassa foi rompido, ao menos pelas siderúrgicas que se comprometeram a substituir, ainda que parcialmente, as florestas em sua função de provedoras de biomassa. Esta última transição será, por conta da complexidade a ela inerente, examinada isoladamente no próximo capítulo.

3.3.3 Comparação com a situação de outros países

Antes da década de 1950, não houve qualquer avanço tecnológico ou científico no que tange à carbonização da biomassa com fins siderúrgicos, em Minas Gerais – algo que pode, talvez, ser estendido para todo o país. Não foram encontradas evidências que desautorizassem a repetição das conclusões retiradas da análise realizada do século XIX, agora para a primeira metade do século XX.

Em países como França e Estados Unidos, a situação era completamente diferente.

O livro de Robert Massengale, sobre a história do carvão vegetal no estado estadunidense do Missouri, revela que avanços tecnológicos consideráveis tomaram lugar na indústria produtora de carvão, em tal país, na primeira metade do século XX. Nas duas primeiras décadas deste século, o motor fora não a demanda por ferro ou aço, mas sim a indústria química, a qual tinha na possibilidade de aproveitamento dos subprodutos da carbonização, entre eles o metanol, a acetona e o acetato, uma fundamental fonte de insumos. Como esclarece o autor: “The hardwood distillation industry was the precursor of the chemical industry. Before petrochemical production, all industrially important chemicals were obtained from wood (Massengale, 2009, 59)”.

O principal resultado do aproveitamento deste potencial de estímulo mútuo - cujo fundamento estava, portanto, no fato de o processo de pirólise da madeira poder ser conduzido de modo a gerar tanto o carvão como substâncias úteis para a indústria química – foi a difusão das retortas. Trata-se de uma tecnologia que surgiu, em um formato adaptável à escala industrial, no século XVII como resultado do esforço de um engenheiro sueco e de um técnico alemão (Emrich: 1985). São máquinas, inicialmente construídas com tijolos, mas, posteriormente, com aço ou outros metais, desenhadas para produzir carvão a partir da lenha e recuperar os compostos voláteis emitidos, em um estado de agregação gasoso, como decorrência natural do processo de carbonização. Estes são condensados para obter um líquido denominado licor ou óleo pirolenhoso (Pinheiro et al: 2008,pg. 92, Veado et al: 1976), o qual, por sua vez, pode ser convertido em ácido pirolenhoso, alcatrão, ácido acético e até mesmo metanol (Pinheiro et al: 2008, Veado et al: 1976) (vide figura 8).

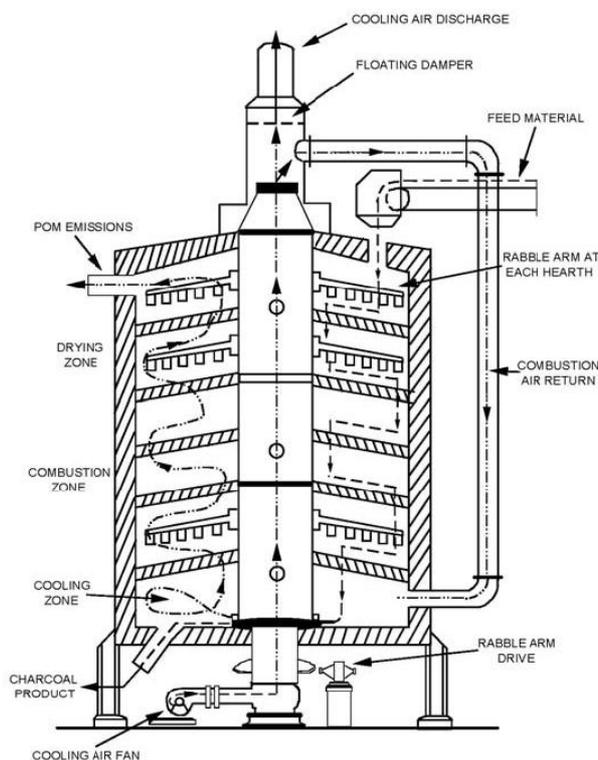


Figura 7 - Desenho esquemático de uma retorta (FAO: 2008)

Outro movimento paralelo relevante foi o de desenvolvimento de métodos de carbonização móveis por órgãos encarregados da administração de florestas norte-americanas. Uma tecnologia, empregada na Europa, mais precisamente, na França, foi tomada como ponto de partida. Os fornos metálicos, um método alternativo às Medas e aos fornos de tijolos, constituídos de placas de aço, foram implementados e adaptados às condições locais e, inclusive, ao processamento de resíduos florestais e descartes de serrarias.

A “Agricultural Experiment Station” do Connecticut realizou experimentos ao longo de 10 anos com fornos inovadores de carbonização, visando chegar a soluções portáteis, cujo resultado dependesse o mínimo possível do grau de atenção e de habilidade dos operadores. Emergiram como resultado fornos feitos de cimento e concreto, os quais passaram a ser adotados em meados da década de 1940.

Os exemplos retirados de Massengale (2008) deixam claro que, nos EUA, nas quatro primeiras décadas do século XX, diversas tentativas de desenvolver novos métodos de carbonização tomaram lugar, visando atingir objetivos específicos. O autor cita pelo menos seis novos modelos de fornos de carbonização que foram desenvolvidos e colocados em movimento, em escala industrial, neste período, entre fornos metálicos, de tijolos e concreto.

A leitura de Ringelmann (1928), autoriza uma conclusão análoga para a França, qualificando-se para o fato de que, as tecnologias de carbonização serviram, em tal país, sobretudo, ao objetivo de destilação da madeira e não à fins siderúrgicos, no século XX.

Um relatório da FAO de 1963 reporta o uso, nos EUA, de diversos tipos de fornos de alvenaria. São apresentados dados referentes a fornos de alvenaria similares aos adotados pelas siderúrgicas integradas (rabos-quente) e a fornos de maior porte, denominados ‘Missouri’. Trata-se de um forno retangular, construído com quatro paredes de concreto, cobertas por um teto em abóboda também feito de concreto. A estrutura conta com reforços de aço ou de outros metais. Chaminés são posicionadas nas laterais e há uma porta dianteira, feita de placas de aço, cujas dimensões são suficientemente grandes para permitir a entrada de um caminhão carregado de lenha. Como se pode depreender da leitura de Massengale (2006), este tipo de construção difundiu-se no Missouri na década de 1950, tornando-se, na década seguinte, os mais populares entre os fabricantes de carvão do Missouri - fato que o autor atribui à combinação de “economia na construção” com a escala de produção, de 40-50 cords de lenha.

A partir dos anos de 1960, os fornos Missouri se tornaram os mais populares entre os fabricantes de carvão do Missouri, fato que o autor atribui à combinação de “economia a construção” com a escala de produção, de 40-50 cords de lenha. Trinta anos depois, esses fornos lograriam assumir uma fatia considerável da produção de auto-suprimento das siderúrgicas integradas de Minas Gerais, como já dito (Rosillo-Calle et al: 1996, Zuchi: 2001).

3.4 A questão da produção de lenha

“Entre a primeira guerra mundial e os anos de 1940, teve grande aceitação uma idéia tida em grande estima desde o século anterior, segundo a qual as matas nativas se regenerariam espontaneamente, com o tempo, mediante cuidados simples e baratos. Batizada como ‘reflorestamento natural’, tal idéia conquistou a simpatia da siderurgia a carvão vegetal, chegando as empresas a acumular reservas nativas e a postergar para o futuro a busca de outras soluções (Osse: 1986, tradução livre do espanhol).”

A crença nos poderes da natureza, para recuperar, portanto, uma floresta explorada com fins de carvoejamento, é uma característica relevante do período, e o texto do qual o excerto acima foi retirado revela que até meados da década de 1950 ela foi mantida pelos dirigentes das siderúrgicas. É preciso verificar o que se entendia por “cuidados simples e baratos”.

Pode-se ler em um documento publicado pela CSBM em 1953:

“O carvão vegetal, consumido pelas Usinas, provém de reservas de propriedade da Companhia [as quais se localizavam na região do vale do Rio Doce, uma área de mata atlântica, como revelado pelo documento], constituídos por florestas nativas em formações originais ou secundárias. Estas últimas são constituídas por capoeirões e capoeiras em primeira, segunda e mesmo terceira regenerações”.

Esse trecho coloca um problema interessante: se a primeira corrida de ferro-gusa da CSBM, na região do Vale do Rio Doce, se deu em 1937 (Moyen: 2007), e o documento do qual foi tirado o excerto é de 1953, temos que, em 19 anos, existiam parcelas da floresta que já haviam sido exploradas duas vezes. Para que isso fosse possível, o ciclo de exploração teria de ser menor do que 10 anos. Trata-se de um período curto demais para favorecer a recuperação da mata nativa. O próprio diretor do serviço florestal da CSBM confirma isso no excerto abaixo:

“Encontramos, por exemplo, no relatório de 1937, do Chefe do Serviço de Reflorestamento do Ministério da Agricultura, a afirmação de que para uma produção anual de 80.000 toneladas de gusa seria suficiente a derrubada de 1.000 quilômetros quadrados de mata, e de que as matas derrubadas estariam refeitas em 25 anos em média. (...) Nunca, porém, encontramos uma mata secundária já formada após 25 anos...” (Osse apud Moyen: pg 79)

Outra evidência que deixa o leitor em dúvida é a de que, no mesmo documento da CSBM, citado anteriormente, se diz que a intensidade de exploração é de 210 m³L/ha, e que a taxa de crescimento é de no máximo 6m³ por hectare/ano. Levando em conta essas informações, tem-se que não levaria menos de 21 anos para que a mata retomasse seu potencial de suprimento de biomassa.

Ou há um equívoco no documento examinado, ou se praticava o corte antes do período que se acreditava que fosse necessário para a regeneração completa da mata, o qual era não menor do que 20 anos⁴⁹. De qualquer modo, temos uma evidência para a segunda possibilidade.

Em um manual dirigido aos “carvoeiros, encarregados, administradores, feitores, empreiteiros, chefes de horto, etc.”, o qual tinha como objetivo “instruir de um modo geral sobre as possibilidades de melhorar as condições de carvoejamento”, pode-se se ler as seguintes instruções, referentes à maneira pela qual a mata deveria ser explorada:

⁴⁹ Osse (1986) apresenta os seguintes dados. Um artigo do Ministério da Agricultura publicado em 1937, tomava por base, para calcular a área de mata necessária para suprir a siderurgia mineira carvão vegetal, um ciclo de exploração de 25 anos. Um trabalho apresentado no primeiro congresso anual da Associação Brasileira de Metais (ABM), em 1945, levava em conta um ciclo de 30 anos. Uma comunicação do serviço florestal brasileiro assegurava, em 1951, que era possível assegurar a regeneração da mata nativa de Minas Gerais, se o ciclo de exploração fosse de 25 anos e resguardasse-se a mata de incêndios.

“Tanto quanto possível, deve se evitar o fogo, ainda que facilite a exploração da mata(...).”

“A derrubada deverá ser total, atingindo tanto as árvores consideradas boas como más. Teórica e praticamente, todas as árvores produzem carvão, desaparecendo, assim, todas as razões até aqui alegadas para deixar em pé árvores de madeira dura ou mole demais. As árvores remanescentes dificultam a brotação dos cepos vizinhos, evitando a concorrência natural indispensável para o crescimento da floresta.”

Trata-se de um texto escrito na década de 1950, e circulado internamente ao serviço florestal de uma das siderúrgicas integradas de Minas Gerais. O regime de exploração recomendado não é outro senão o de supressão florestal, o que é contraditório com a crença na regeneração espontânea. Como pode se esperar que uma floresta, após ser completamente suprimida, renasça dos tocos abandonados no solo?

Uma conclusão que pode ser retirada é a de que a concepção de florestas enquanto de minas de carbono, sugerida pelo estudo da fase embrionária da siderurgia a carvão vegetal, se adéqua também ao período que se estende, pelo menos, até a década de 1950. A evidência cabal acerca do método de exploração utilizado releva que, apesar de ser recorrente, na literatura examinada, a esperança, que os membros e entusiastas em geral da siderurgia a carvão vegetal, diziam depositar na regeneração espontânea, a prática não contribuía para a efetivação dessa esperança.

O fracasso, admitido por Osse (1986) - ele que foi o primeiro diretor de um serviço florestal integrado a uma companhia siderúrgica brasileira – e por atores do setor em tela⁵⁰, se deveu, não somente a condições naturais – como as características edafoclimáticas das regiões exploradas, ou quaisquer outras que regulavam a capacidade da mata para rebrotar – mas também à técnica de exploração adotada. O próprio Osse (1986) sugere isso no excerto a seguir:

⁵⁰ Lemos, em Osse (1986): “ En um disertación hecha em 1952, el General Edmundo de Macedo Soares afirmaba que (...) ‘Se cifraron grandes esperanzas en la reforestación natural’, (...) ‘em ciertas regiones, ella se presenta como posible; las nuestras han fracasado’, ilustrando la afirmación com la información de que ‘em la Vale do Rio Doce, sabemos de bosques que com 20, 22 años, han sido cortados com gran éxito en tanto que otras, cortadas más o menos em la misma época, no presentan una producción de madera que justifique la reforestación natural (Osse: 1986).” O autor cita ainda um participante da conferência apresentada pelo General Edmundo Macedo Soares, o qual afirmava que a crença na ocorrência do “reflorestamento espontâneo” em um período de 15 a 30 anos, era algo que se restringia a determinadas regiões, edafoclimaticamente permissivas.

“Os bosques nativos sem embargo, se empenharam em não ajustar-se à teoria do ‘reflorestamento natural’. Perdiam vigor a medida que se cortava-os e voltava-se a cortar, distanciando-se cada vez mais das usinas(Osse: 1986, tradução livre do espanhol).”

Assim como sugerido por evidências discutidas anteriormente, não somente a abrangência do corte, mas também sua periodicidade, determinaram a refutação prática da teoria do reflorestamento natural.

O modo pelo qual se acessava, portanto, a biomassa florestal era semelhante ao que se observava, tradicionalmente, nas atividades agropecuárias e em outros usos do solo como a mineração, no que tange à ausência total de preocupação em preservar a capacidade do meio natural para regenerar-se (Dean: 1997). Como Strauch (1958) relata ao descrever o processo de uso do solo pelas atividades agropecuárias que tomavam lugar em regiões do próprio Vale do Rio Doce, em 1956, tratava-se basicamente de empregar métodos rudimentares e que representavam o menor investimento entre todas as técnicas disponíveis. O potencial produtivo do solo era rapidamente exaurido, o que motivava o abandono de terras e a migração para novas áreas passíveis de cultivo.

No ramo de extração de lenha para fins de carvoejamento não era diferente. As terras eram vistas como fontes de potencialidades produtivas a serem consumidas até a última gota, mesmo se isso pressupusesse o exaurir de sua fonte. A relação estabelecida entre homem e natureza era de subjugo absoluto, em um regime de apropriação do solo comprometedor da capacidade do mesmo para repor as forças pelas quais podia ser útil ao homem (Strauch: 1956)⁵¹.

Apesar de prevalecer na prática métodos predatórios de apropriação da biomassa florestal, desde o século XIX, experimentos de plantio de espécies arbóreas, os quais poderiam ter servido de base para o estabelecimento de sistemas de cultivo que poupassem as matas, vinham sendo desenvolvidos no país.

“No meio do século [XIX], propostas no sentido de replantar e proteger as matas eram, se não freqüentes, pelo menos comuns. Na verdade, afirma-se que isso foi feito em alguns lugares: um relatório de 1823 observa que um conselho municipal no distrito de Rio das Mortes, em Minas Gerais, foi levado pela escassez de madeira, “à extrema necessidade” de plantar pinheiros. Sem dúvida, esses reformadores ignoravam o que teria sido melhoria

⁵¹ Mas é importante lembrar que isso é geral no país e no mundo todo. Mesmo nos Estados Unidos, Josué de Castro descreve na Geopolítica da Fome (Castro: 1965) os problemas de erosão causados pela exploração predatória do solo.

menos perturbadora – redesenhar seus fornos para obter melhor eficiência térmica (Dean: 237).”

Em 1862 tomou lugar aquela que, segundo Dean (2004), foi a “primeira tentativa governamental de conservação”. Foram estabelecidas plantações de árvores nas proximidades do manancial da Tijuca, no Rio de Janeiro, visando-se recuperar a capacidade de suprimento hídrico da bacia, a qual havia sido perdida, conforme se acreditava, por conta da eliminação desmatamento da cobertura vegetal daquela. Foram plantadas, entre 1862 e 1892, 127 mil árvores, o suficiente para autorizar Dean (2004) a afirmar que “grande parte da floresta hoje existente nas alturas por trás do Rio de Janeiro” corresponde a tais plantações.

A resistência em buscar meios de obter o carbono para redução, que não comprometessem as florestas nacionais, tem explicações que se projetam para além do setor siderúrgico. O estudo de Dean (2004) revela que o descaso com a silvicultura enquanto disciplina e base para a racionalização do aproveitamento econômico da flora, era generalizado no país.

Apesar de, desde o início do século XX, existir, no país, profissionais e estudiosos da silvicultura, “em 1955, o Ministério da Agricultura brasileiro empregava 22 silvicultores, os Estados Unidos, 21 mil (Dean: 2004).” O primeiro curso universitário da disciplina foi criado apenas em 1969 - na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais (UFV: 2009) – não menos do que 30 anos após a primeira árvore da Mata Atlântica ter sido derrubada por uma siderúrgica mineira. Mesmo medidas de incentivo à profissão no Brasil, implementadas pelos Estados Unidos após as duas grandes guerras, as quais previram inclusive a concessão de bolsas de estudo em universidades americanas como a Yale Forestry School, não foram suficientes para convencer o governo e o setor produtivo a promover a profissão e apoiar sua missão (Dean: 2004).

Somente a partir da segunda metade do século XX é que ficaria patente que havia, no país, “uma necessidade de especialistas capazes de melhorar a eficiência com a qual os recursos naturais do país eram explorados (Dean: 2004).” Daí porque a adoção de princípios de baixo impacto florestal, pelas siderúrgicas mineiras, torna-se relevante apenas a partir da década de 1960 e, principalmente, de 1970.

3.5 Assimetria entre obtenção e aproveitamento siderúrgico do termo-redutor

No capítulo X da primeira parte do “Inquérito sobre a natureza e as causas da riqueza das nações”, a obra-máter da ciência econômica, Adam Smith estabelece os determinantes, sugeridos por seus estudos, da diferenciação de remuneração entre os postos de trabalho.

“First, The wages of labour vary with the ease or hardship, the cleanliness or dirtiness, the honourableness or dishonourableness of the employment. (...) A journeyman blacksmith [ferreiro], though an artificer, seldom earns so much in twelve hours, as a collier [trabalhador que extrai o carvão mineral do subsolo], who is only a labourer, does in eight. His work is not quite so dirty, is less dangerous, and is carried on in day-light, and above ground. (Smith: 1789).”

“Secondly, the wages of labour vary with the easiness and cheapness, or the difficulty and expense of learning the business.”

Esses dois princípios eram seguidos no século XIX, na produção de ferro que tomava lugar no estado do Missouri, Estados Unidos, segundo consta no excerto a seguir, retirado de Massengale (2006):

“Charcoal production was one of the most important parts of iron production in such facilities [as fábricas de ferro da segunda metade do século XIX do Missouri]. Both woodcutters and colliers [esse termo, neste caso, se refere ao trabalhador encarregado de produzir o carvão vegetal] lived in the woods during production. Woodcutters were generally local farmers who worked through the winter, while colliers were highly trained specialists in charge of producing charcoal and worked through the warmer months. Colliers were some of the highest paid employees at an ironworks and second in status only to the general manager (Massengale: 2006).”

Na Minas Gerais dos séculos XIX e XX, tal princípio de remuneração, mostrou-se invertido. Diversas evidências sugerem que os trabalhadores envolvidos na atividade de produção de carvão nunca obtiveram remuneração mensal pelo menos equivalente àqueles empregados na produção do ferro-gusa e do aço.

De Osse (1986), pode-se deduzir que a produção máxima de uma Meda, ao final da década de 1930, era de 50 m³CV. Segundo CTSME (1938), a produção de 1 m³CV tinha de se dar mediante o pagamento de 10\$000 para o carvoeiro engajado. Com isso, a remuneração diária desse trabalhador pode ser estimada em 500\$000. Na tabela 21 do estudo de Souza (1986), em que se relaciona o salário horário médio, pago, maior siderúrgica de Minas Gerais à época, para a ocupação dos postos de trabalho de sua usina, o menor valor registrado é de 522\$000. I.e., a estimativa realizada indica que um carvoeiro ganhava, em um dia de trabalho, menos do que qualquer um dos empregados da usina siderúrgica ganhava por hora de trabalho.

A avaliação de Souza (1986) da política de redução da taxa de demissão voluntária e absenteísmo, implementada pela CSBM no final da década de 1930, o leva a concluir que essa

introduziu a “precarização e instabilização dos operários, onde se exigia grande esforço físico, como os setores de recebimento de matéria-prima (minério, carvão, sucata, etc.) (...) (Souza: 209).”

O conselho técnico da sociedade mineira de engenheiros, em um documento de grande relevância para a história da siderurgia no Brasil, afirmava em 1938 que: “No preço [do carvão vegetal] entram, principalmente, a mão de obra e o transporte. (...) a primeira é muito barata atualmente, porque o nosso carvoeiro ainda é um operário rural que ganha, como os operários rurais, muito pouco e tem um padrão de vida quase miserável (...) (CTSME :1938).”

Para os períodos precedentes, existe um sem-número de evidências acerca das precárias condições de vida dos carvoeiros. Todas elas podem ser subsumidas ao fato de que a legislação trabalhista brasileira, desde a promulgação da Consolidação das Leis do Trabalho e mesmo, em 1943, e mesmo com o Estatuto do Trabalhador Rural, em 1963, estabelece uma distinção entre trabalhadores “rurais” e “urbanos”, a qual abre uma brecha para que os postos de trabalho na extração vegetal e no carvoejamento – enquadrados como “rurais” - sejam contemplados com uma remuneração inferior (Souza: 1986). Desse modo, como as evidências não permitem refutar a hipótese de que o incentivo para reduzir custos sempre condicionou o comportamento dos dirigentes das siderúrgicas a carvão vegetal, não há porque acreditar que a “brecha” mencionada deixou, em algum momento da história, de ser explorada⁵².

Está fora do escopo do presente estudo avaliar as razões que concorreram para perpetuar a situação de exclusão social à qual foram segregados os carvoeiros e outros trabalhadores envolvidos na extração de lenha, transporte de lenha e carvão, desde o século XIX até a presente data. Das evidências apresentadas somente se quer retirar a percepção de que havia uma assimetria na maneira como a fase de produção de carvão vegetal e as fases posteriores de obtenção dos produtos propriamente siderúrgicos, eram concebidas enquanto parte de um mesmo processo. Aparentemente, os dirigentes das siderúrgicas mineiras pareciam não atribuir a mesma importância aos dois estágios. O fato de atribuírem uma remuneração relativamente inferior àqueles engajados no primeiro deles é um sinal em tal sentido.

Outro fato de igual importância é o referente à discrepância entre os investimentos realizados em prol da inovação tecnológica dos métodos de exploração de florestas e carbonização, e os

⁵² “ No final da década de 40, o diferencial entre salários urbanos e rurais[(salários urbanos - salários rurais)/ salários rurais] era aproximadamente de 100%. Diminuiu para 50% no início da década seguinte e então aumentou para 150% no final de década de 50 e início da de 60. Daí em diante, caiu regularmente através das décadas de 60 e 70, até atingir 28%, em 1977 (Bacha: 1979).”

investimentos voltados à inovação tecnológica em processos de geração do ferro-gusa e do aço.

O serviço de carvoejamento da CSBM considerava instalar, em 1962, 6 retortas SIFIC (CAF-CSBM: 1962, Moyen: 2007), que, além de produzir carvão vegetal, recuperavam o ácido pirolenhoso e o alcatrão, os quais eram, para os outros métodos de carbonização, subprodutos – para as retortas, o carvão vegetal é que é o subproduto, uma vez que tais aparatos foram desenhados para destilar a madeira. Esse investimento totalizaria 1962Cr\$8.400.000, como é dedutível de CAF-CSBM (1962). A “parte final do programa de expansão da usina de Monlevade”, que consistiu na construção e colocação em funcionamento de um forno Stein & Rubaix, na finalização das fundações de trens desbastador e contínuo de billette, e, ainda no início da montagem das partes mecânica e elétricas, demandou uma inversão, no ano de 1962, de 3,9 bi1962Cr\$. Trata-se de uma magnitude mais de 400 vezes maior do que a referente ao programa de implementação da carbonização.

3.6 A produção independente de carvão vegetal

Coexistiram, historicamente, duas formas gerais de organização social da produção de carvão vegetal: a produção integrada, a qual se deu sempre em terras de propriedade das empresas consumidoras, sendo controlada por técnicos contratados por elas e a produção independente, na qual a relação estabelecida entre siderúrgicas e produtores se resume a uma transação de troca de dinheiro por carvão vegetal (Strauch: 1958, Brito et al :1997, FJP: 1985, Rosillo-Calle et al: 1996).

A produção independente de carvão vegetal sempre foi relevante. Em meados da década de 1950, tal segmento supria 63,5% do termo-redutor processado pelas usinas integradas de Minas Gerais (Brito et al: 1994). Brito et al (1994, p.75) apresentam dados que comprovam a manutenção da dependência, por parte de tais empresa, deste “mercado” de carvão vegetal, tal como era denominado, o que se manteve até pelo menos a década de 1990. Quanto a isso, um estudo da produção de carvão vegetal, realizado pela Fundação João Pinheiro, de Belo Horizonte, em 1985, menciona a existência de “pontos de compra” de carvão de terceiros, mantidos pelas siderúrgicas integradas (FJP: 1985)⁵³. As siderúrgicas independentes (aquelas

⁵³ “As integradas, que operam com estoques reguladores [auto-suprimento], compram o produto tanto na usina quanto nos depósitos intermediários, que são estrategicamente localizados e permitem uma diminuição de compra em momentos de crise, aumentando o seu poder de barganha (FJP: 1985)”. “Os momentos de crise” ao qual o excerto se refere são ocasiões em que a magnitude da oferta de termo-redutor por produtores independentes, em uma dada localidade, revela-se inferior à demanda. Com isso, algumas siderúrgicas da região

cujas linhas de produção terminam na produção do ferro-gusa) sempre se alimentaram, sobretudo, por meio da aquisição do carvão produzido por terceiros (CAF-CSBM: 1962, FJP: 1985, Rosillo-Calle: 1996, CAF-CSBM: 2009).

Não é necessário expor com detalhe as características da produção independente de carvão vegetal, uma vez que o assunto já foi explorado à exaustão por diversos estudos, dentre os quais cabe citar Guerra (1995), FJP (1985), Brito et al (1997), Souza (1986), Gonçalves (2006). Basta observar que se trata de uma forma de organização da produção (i) que reproduzia traços próprios de atividades agropecuárias, desenvolvidas por famílias pobres, nas áreas rurais que foram ignoradas pelos esforços em prol da industrialização e do “desenvolvimento”, postos em marcha no Brasil desde a década de 1930 e; (ii) que explorou predatoriamente, em praticamente todos os pontos do espaço-tempo, a mata nativa.

A função representada por esta formação social, para as siderúrgicas, não foi outra senão a de prover uma oportunidade de suprimento cujo acesso não exigia o empate de capital. Podia-se, com isso, evitar ter de desviar recursos das aplicações diretamente associadas com a atividade-fim, qual seja a geração e comercialização de produtos siderúrgicos.

3.7 Lock-in em tecnologias de carbonização de baixo-aproveitamento de biomassa

O cientista Brian Arthur, um dos pioneiros do que hoje se denomina de ciência da complexidade, em artigo de 1989, demonstra a possibilidade de que a ocorrência de eventos históricos de pequena relevância conduza a uma situação em que uma tecnologia se torna predominante e imune à concorrência de tecnologias substitutas. Trata-se do que se denomina de “lock-in” (Arthur: 1989).

Ao observarmos a atividade de carbonização em sua evolução tecnológica a partir da década de 1950 até os dias de hoje, fica patente a resistência do método de fornos rabo-quente. Segundo o material histórico que pôde ser consultado, trata-se de uma tecnologia que foi introduzida pela CSBM no ano de 1952, tornando-se predominante algumas décadas depois, no âmbito de toda a produção de carvão vegetal brasileira. Um documento de circulação interna à CAF de 1985 afirma que 80% do carvão vegetal produzido no Brasil, à época, o era por meio de fornos rabo-quente (CAF-CSBM: 1985). Sampaio et al (2007) revelam, em uma apresentação no workshop “Madeira Energética”, promovido pelo Banco Nacional de

ou não conseguem obter tanto carvão quanto precisam, ou não conseguem fazê-lo por um preço compatível com sua meta de rentabilidade.

Desenvolvimento Econômico, que, em 2007, a fatia deste método era de 60%. As siderúrgicas integradas adotaram os fornos rabo-quente até o início da década de 1990, segundo Timóteo (2001).

O baixo custo de construção e operação dos fornos rabo-quente é geralmente invocado para explicar a popularidade deste método (Pinheiro et al: 2008). Esse argumento não resiste a um exame da história. Conforme vimos, antes de tais fornos, o método predominante era o de Medas (e, antes disso, o de Covas), o qual, para ser adotado, pressupõe um gasto sem dúvida alguma inferior ao de um forno de tijolo, pelo simples detalhe de que não se emprega outro material na construção de uma Meda que não terra, galhos e areia, os quais podem ser retirados, sem qualquer custo, das áreas de floresta de que se extrai a biomassa a ser carbonizada. Além disso, mesmo sendo que o rabo-quente pode ser desmontado e remontado assim que o movimento da fronteira de desmatamento tornar isso necessário, a Meda é um aparato de carbonização móvel por excelência, o que significa que não existe custo de transporte de lenha quando se utiliza apenas esse método.

Em termos lógicos, se o critério de decisão por um método de carbonização fosse a minimização do investimento, o predomínio dos fornos Meda deveria se estender para além da primeira metade do século XX.

Uma explicação consistente pode ser encontrada no processo social de perpetuação do ofício de carbonizador, o qual consiste em conduzir o processo de carbonização da biomassa de modo a obter-se um carvão dentro dos parâmetros mínimos para uso siderúrgico. Uma condição necessária à reprodução social de um trabalhador dedicado a este ofício é a existência de um mecanismo que funcione para transmitir o conjunto de conhecimento que a plena execução das tarefas inerentes à obtenção de carvão a partir da lenha, pressupõe. Da mesma maneira que não é possível nadar sem antes ter aprendido a fazê-lo, não é possível fazer carvão sem dispor de uma concepção de como se devem organizar meios para atingir tal fim, entre eles a própria capacidade de trabalho, a biomassa e um aparato que permita aquecer a fonte de carbono em um ambiente tão privado de oxigênio quanto possível.

A operação de uma tecnologia de carbonização, dirigida para o objetivo de geração de um carvão com características que o fazem útil para o emprego industrial, pode ser abstratamente descrita como seguindo, independente de qual seja a tecnologia, os mesmos princípios básicos. Afinal, o processo natural pelo qual a biomassa tem sua estrutura modificada pelo aquecimento na ausência ar, desenvolve-se sempre da mesma maneira, gerando resultados que são previsíveis a partir do conhecimento de alguns dos procedimentos que foram adotados

(Pinheiro et al 2008, Emrich: 1985). Logo, a intervenção humana no processo sempre se dá visando controlar as mesmas variáveis, em um mesmo sentido, para atingir as mesmas metas. Um trabalhador que se apropriou, cognitivamente, dos princípios básicos de controle do processo de carbonização, está apto a operar qualquer tecnologia, desde que estas não difiram consideravelmente em seus sistemas de funcionamento. Em oposição, um trabalhador que não se apropriou dos princípios básicos de controle do processo de carbonização, mas apenas dos princípios que regem o funcionamento de uma dada tecnologia de carbonização, não está apto a operar outra tecnologia.

Se o conhecimento que é transmitido para aqueles que assumem o posto de controladores da carbonização restringe-se às regras de funcionamento de uma tecnologia específica, apenas por mero acaso, se terá trabalhadores cuja aptidão se estende para além da operação desta tecnologia. Se a maioria daqueles que se dedicam ao ofício em questão foram treinados não para controlar o processo de carbonização, mas para operar fornos rabo-quente, a perpetuação da predominância desta tecnologia encontra (uma) explicação no conteúdo do conhecimento transmitido a tais trabalhadores.

Estudos como o de Timóteo (2002) e Zuchi (2001, 63), apontam para o fato de que aqueles que desempenharam, historicamente, o ofício de carbonizador, aprenderam tal ofício por pura e simples observação e tentativa e erro (Timóteo: 2002). Esse mecanismo de transmissão de conhecimento prevaleceu tanto nas carvoarias pertencentes a empresas (Timóteo: 2002 e Zuchi: 2001), como naquelas detidas por pequenos produtores familiares, entre os quais a transmissão intergeracional do ofício é uma característica marcante (Prais et al: 2002). A partir da década de 1950, quando os fornos rabo-quente foram introduzidos pelas siderúrgicas integradas, o processo de aprendizagem do ofício de carbonizador por mimetismo, se fez, portanto, em um fator de disseminação desta tecnologia. Tal processo mimético encontrou na produção independente de carvão vegetal o meio mais favorável à sua perpetuação⁵⁴, dada a situação de exclusão social⁵⁵ à qual aqueles que a colocavam em movimento estavam

⁵⁴ Como se lê em Brito et al (1997), havia um arranjo entre siderúrgicas e trabalhadores rurais, nos quais as primeiras construíam os fornos a serem operados pelos segundos, provendo inclusive treinamento aos carbonizadores, quando necessário. Esse arranjo, segundo os autores, era uma medida que visava criar uma oferta de termo-redutor suficiente para permitir as siderúrgicas uma base sólida para o desenvolvimento de suas atividades.

⁵⁵ “Esses profissionais [produtores de carvão] vivem com suas famílias no local onde as praças dos fornos [de carbonização] são construídas e, quase sempre, a mão-de-obra familiar é utilizada no trabalho. São trabalhadores itinerantes, sem qualquer amparo legal. Neste contexto, um barraco de sapé chega a ser um privilégio, uma vez que, na maioria das vezes, abrigam-se em uma espécie de tenda coberta com lona plástica. Como a localização das praças de fornos é determinada em função da acessibilidade da lenha, nem sempre dispõem de água nas proximidades, tendo que transportá-la de distâncias consideráveis. Também a localização dos fornos

expostos. Nestas regiões conjugavam-se a dificuldade, imposta pela baixa ou nula escolaridade, para aprender um ofício que demandasse mais do que a observação e a paciência para vencer os erros das primeiras tentativas e, a ausência de oportunidades de emprego que exigissem mais do que aquilo que se poderia aprender de tal maneira.

A importância dos fornos rabo-quente, um método que subaproveita tanto a biomassa quanto a força vital dos trabalhadores, revelada pela história, emergiu como um lock-in para o qual contribuíram (i) a concepção de tal tecnologia pelas empresas siderúrgicas a carvão vegetal, (ii) o mecanismo de transmissão do conhecimento necessário ao desempenho do ofício de carbonizador e; (iii) as condições materiais de vida dos produtores independentes de carvão vegetal.

3.8 Conclusão do capítulo

A partir da década de 1950, a siderurgia mineira a carvão vegetal passou a caminhar no sentido de tecnologias de redução e carbonização mais próximas às adotadas em países como França e Estados Unidos. No segundo aspecto, esse alinhamento não deve ser tomado como constatação de que era adotado, predominantemente, o método de maior economia de lenha. Pelo contrário, dentre os produtores independentes - via de suprimento de termo-redutor que se manteve importante durante todo o período - prevaleceram os fornos rabo-quente, os quais permitem baixo poder de controle ao operador. Outro hiato do setor era o método de exploração de matas empregado, que pode ser dito, mesmo de uma perspectiva relativista, irracional. A tendência a mantê-lo atuava, conforme ficou patente em diversas ocasiões, para solapar a base sobre a qual se apoiava o desenvolvimento da siderurgia a carvão vegetal. No fundamento desses fatores, que mantiveram a siderurgia mineira a carvão vegetal enquanto elemento de pressão sobre florestas, estavam (i) a concepção assimétrica da cadeia produtiva, segundo a qual a produção do termo-redutor assumia o nível mais baixo da hierarquia de prioridades de alocação de capital e; (ii) a possibilidade, aberta pela existência de uma produção independente de termo-redutor, de guiar-se, na prática, por tal concepção, sem comprometer, para isso, o desenvolvimento das atividades siderúrgicas.

impossibilita que as crianças freqüentem escolas. Por isso, reconheceu um cozinheiro [carbonizador] entrevistado: “estamos fabricando analfabetos.” Trata-se de uma descrição elaborada por pesquisadores da Fundação João Pinheiro, a qual se refere à situação prevalecente nas carvoarias de Minas Gerais, na década de 1980 (FJP: 1985).

4 SÉCULO XX: A SIDERURGIA A BIOMASSA CULTIVADA

4.1 Introdução

Após a primeira guerra mundial, ganha projeção na opinião pública brasileira a discussão acerca de como explorar as ricas reservas de minério de ferro do país - das quais a maior até então encontrada localizava-se na Serra do Espinhaço, em Minas Gerais, uma das maiores do mundo segundo Gomes (1983) – revertendo para o país os ganhos daí advindos, os quais estariam relacionados à substituição do aço e do ferro tradicionalmente importados, por uma produção nacional. Tem início a formação de uma percepção, na sociedade brasileira, de que o desenvolvimento da produção de ferro e aço no país seria pré-condição para o desenvolvimento econômico nacional (Baer: 1969, Gomes: 1983).

A percepção referida integrava uma reflexão mais ampla, cuja difusão não somente entre os homens de letras, mas também entre os estadistas e políticos brasileiros, culminou a fins da primeira grande guerra. Os rumos até então seguidos pelo país passaram a ser examinados criticamente, tomando-se como base de comparação nações como os Estados Unidos, a Inglaterra e outros países europeus de alto grau de diversificação e opulência econômica. Precisava-se de um plano estratégico de modernização e dinamização econômica para o Brasil, e a industrialização colocava-se como imperativo. Daí a importância estratégica de um setor de base como a siderurgia (Baer: 1969, Gomes: 1983).

A discussão acerca do “problema siderúrgico brasileiro”, tal como o denomina Gomes (1983) avança consideravelmente ao longo do período que vai do final da década de 1920 ao governo de Getúlio Vargas⁵⁶. Com esse ela ganha uma fundamentação político-ideológica eminentemente nacionalista: era preciso estabelecer uma indústria nacional que controlasse a exploração das reservas de minério de ferro do país, resguardando-as de interesses estrangeiros. Ou seja, a siderurgia passou a ser vista não somente como pedra de toque da industrialização brasileira, mas também como meio de conservar o poder sobre as riquezas minerais do país. Duplicava-se, pois, a força da idéia de que havia um problema siderúrgico brasileiro a ser solucionado (Baer: 1969, Gomes: 1983).

Dentre todas as controvérsias referentes a como materializar a idéia mencionada, havia uma de especial interesse para nossos propósitos, a da origem do carbono para redução do minério

⁵⁶ “ O problema mais básico da nossa economia é o do aço. Para o Brasil, a era do ferro significará sua opulência econômica.” Trecho de discurso feito por Vargas em Belo Horizonte, em 1931 (Baer: 1969).

de ferro - insumo cujos poderes térmicos e reativos são imprescindíveis à produção do ferro e do aço. A emergência, no imaginário da elite política, do problema siderúrgico brasileiro, conduziu à percepção da existência do problema de suprimento siderúrgico de termo redutor. A instantaneidade, com que a descoberta do primeiro problema levou a descoberta do segundo, foi garantida pelo conhecimento da exigüidade e baixa qualidade, para fins siderúrgicos, da reserva de carvão fóssil existente dentro dos limites do território nacional (Baer: 1969, Gomes: 1983, Oliveira: 1903)⁵⁷.

O debate em torno daquele que aqui se denomina problema siderúrgico de suprimento de termo-redutor estava polarizado em duas correntes: uma que defendia o uso de carvão mineral, rota tecnológica adotada pelos países centrais, e outra que propunha o exótico recurso ao carvão oriundo da carbonização de madeira obtida de florestas naturais (Gomes: 1983).

Os entusiastas da via vegetal se valiam de argumentos como o de que a abundância nacional de florestas era uma vantagem natural do país passível de ser pecuniariamente aproveitada. Além disso, a dotação de carvão mineral era insuficiente em quantidade e qualidade para dar base à fundação de um parque siderúrgico capaz tanto de transformar a imensa reserva de minério de ferro em riqueza, quanto de tornar o país autosuficiente em ferro e aço. Seria necessário importar carvão, de modo que a dependência nacional de países estrangeiros seria mantida, ainda que parcialmente, já que, mesmo com um parque siderúrgico próprio, o funcionamento deste dependeria das exportações de termo-redutor realizadas por outros países (Gomes: 1983, Baer: 1969).

Entre os mais veementes defensores da alternativa do carvão vegetal estavam os engenheiros da Escola de Minas de Ouro Preto, em Minas Gerais (CTSME: 1938). A defesa da via do carvão vegetal era uma posição, sobretudo, mineira, o que refletia o fato de que o estado de Minas Gerais possuía tanto a reserva de minério de ferro como um vasto potencial de florestas (Gomes: 1983).

Apesar de ser possível convencionar que o marco histórico da trajetória para resolução do problema siderúrgico brasileiro foi dado sob o uso de carvão vegetal, tal trajetória foi levada a termo, não obstante, com a fundação de grandes plantas consumidoras de termo-redutor de natureza fóssil (carvão mineral ou coque) (Gomes: 1983, Baer: 1969). Este foi o horizonte

⁵⁷ “O Brasil ingressou na Era Industrial extremamente carente de um de seus pré-requisitos: combustíveis fósseis de hidrocarbono (Dean: 2004).”

que se abriu com a inauguração da Companhia Siderúrgica Nacional, em 1945, e, com as “duas irmãs”, COSIPA e USIMINAS, na década de 1960. A solução inglesa para o problema siderúrgico de suprimento de termo-redutor prevaleceu no Brasil, porém, não em absoluto.

Paralelamente à construção da vertente fóssil no país, a vertente intensiva em biomassa manteve-se em inegável expansão quantitativa e qualitativa, cumprindo um papel crucial na industrialização brasileira. Em 1974, 54% da produção brasileira de ferro-gusa e 29,6% da produção brasileira de aço (bruto), tinham origem no segmento em questão (ABRACAVE: 1985), o qual era líder, em 1975, em alguns produtos, entre eles trefilados (respondendo por 65% da produção nacional em 1975, ABM: 1975), tubos sem costura (100% da produção nacional em 1975, ABM: 1975) e aços finos e especiais (50% da produção nacional em 1975, ABM: 1975).

Porém, por mais dinâmico e exitoso que tenha sido o desenvolvimento da siderurgia a carvão vegetal no Brasil, sua marcha teve de ser recorrentemente adaptada à disponibilidade de termo-redutor vegetal (Thibau & Azambuja: 1973, Rosillo-Calle et al: 1996, Dean: 2004)⁵⁸.

A possibilidade de o estoque de florestas vir a se colocar enquanto fator limitante à construção de uma siderurgia a carvão vegetal minimamente compatível com a escala em que se punha o problema siderúrgico brasileiro, é recorrentemente mencionada, não apenas implicitamente, em artigos publicados desde fins do século XIX (Oliveira: 1902 e 1903, Bovet: 1888, Sena; 1887, etc.)⁵⁹.

Pode-se ler no livro que conta a história da CSBM que “(...) o suprimento de carvão de madeira era uma das maiores suscetibilidades da Belgo-Mineira [CSBM], e, portanto, desde o início a empresa começou a estudar alternativas para garantir o insumo (Moyen: 2007).”

Na década de 1940, esta que era a única siderúrgica integrada do país, reconhecia que estava enfrentando o problema siderúrgico de suprimento de termo-redutor. “Com o tempo, porém, a Belgo-Mineira [CSBM] percebeu que a recuperação das matas era extremamente lenta e a vegetação que surgia em seu lugar era pobre. Enquanto isso, as reservas iam ficando mais distantes das usinas, justamente quando o aumento da capacidade de produção de aço passava a exigir quantidades sempre crescentes de carvão (Moyen: 2007).”

⁵⁸“Com o desenvolvimento da siderurgia, cuja tendência é a duplicação de sua produção em cada década, a extensão das áreas exploradas passou a preocupar, seja pelo crescente consumo da matéria-prima, seja pelo sistema de desflorestamento empregado (Thibau & Azambuja: 1973).”

⁵⁹ Já no século XVIII, o presidente da capitania de Minas Gerais havia declarado que “Os mineiros, não julgando já este seu precioso metal (o ouro), têm-se dado à mineração do ferro, e existem hoje bastantes fábricas, de que talvez nos resulte a extinção de muitas metas (Baeta: 1973).”

Segundo Santos (1986), ao longo dos anos de 1947 e 1948, a usina da CSBM de Monlevade teve dois de seus altos fornos paralisados por insuficiência de suprimento de carvão vegetal.

A restrição imposta pelo estoque de florestas de que se podia dispor era, à época, grave o bastante para que a via do termo-redutor fóssil se afigurasse como uma alternativa. “(...) No pós-guerra, diante do mercado em expansão e do agravamento da questão florestal, as empresas siderúrgicas encontravam-se diante de um impasse: optar pelo coque – o que nem sempre era possível pela pouca disponibilidade nacional do insumo – reflorestar ou simplesmente parar a produção” (Moyen: 2005).

Para os anos de 1970, pode-se ler em Moyen (2005): “A opção por não acompanhar o crescimento do mercado de laminados para a construção civil, deveu-se a dois fatores principais (...) o segundo era a própria limitação produtiva de Monlevade. Os alto-fornos a carvão vegetal trabalhavam no limite, alcançando a produção de 730 mil toneladas ao ano e, mesmo assim, as florestas da CAF já não davam conta de suprir toda a demanda pelo carvão (Moyen: 2005).”

Para os fins da década de 1970, tem-se que: “Atualmente, o setor produtor de gusa vem enfrentando uma grave crise para abastecimento de carvão vegetal, a qual vem impondo uma paralisação temporária da parte dos altos fornos (...) (FJP:1979).”

Uma das principais causas por trás da recorrência de dificuldades de abastecimento foi o fracasso, na prática, da crença na então chamada “regeneração espontânea” ou “reflorestamento natural” (Osse: 1986), a qual preconizava, conforme analisado no capítulo anterior, que a vegetação secundária – a qual se estabeleceria após o corte da mata nativa - proporcionaria um aproveitamento em termos de extração de lenha que faria com que a espera valesse a pena⁶⁰. A variação, ao longo da literatura, do tempo que se deveria esperar para realizar uma nova colheita, é um indicador da precariedade das evidências a favor da hipótese de regeneração espontânea (vide os dados informados por Osse: 1986, e outros textos, como Oliveira: 1903). Ou pelo menos tal variação reflete o fato, também apontado na literatura, de que as condições de regeneração dependiam de variáveis de natureza edafoclimática, de modo

⁶⁰O diretor do serviço florestal da Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira, a primeira a ter um departamento com tal desígnio, observava, a fins da década de 1970: “Essa crença [a da perenidade das matas nativas], fundada numa espécie de teoria do ‘reflorestamento natural’, teve e ainda tem defensores e mais de uma vez foi robustecida por simplificação ou generalizações. Encontramos, por exemplo, no relatório de 1937, do Chefe do Serviço de Reflorestamento do Ministério da Agricultura, a afirmação de que para uma produção anual de 80.000 toneladas de gusa seria suficiente a derrubada de 1.000 quilômetros quadrados de mata, e de que as matas derrubadas estariam refeitas em 25 anos em média. (...) Nunca, porém, encontramos uma mata secundária já formada após 25 anos...” (Osse apud Moyen: pg 79)

que a hipótese sob consideração tinha sua validade restrita a um contexto localmente específico⁶¹.

A defasagem com que a regeneração das florestas se processava favorecia a ampliação da distância entre as reservas de mata nativa e as usinas processadoras de carvão vegetal. O desdobramento desse processo tinha conseqüências diretas no custo de transporte do carvão vegetal (Dean: 2004, Osse: 1986, Thibau & Azambuja: 1973). O recurso à floresta para obtenção de carbono recolocava o problema que objetivava resolver, da mesma maneira como ocorreu na Inglaterra dos XVI e XVII (Gale: 1967, Cipolla: 1981).

Se o problema de suprimento remetia ao contexto inglês, a solução que a CSBM deu a ele diferiu por um detalhe fundamental: não se tratou de abandonar o carvão vegetal para libertar a atividade siderúrgica das florestas, mas se tratou de abandonar as florestas⁶² para libertar a atividade siderúrgica a carvão vegetal. A magia estava na opção por plantar as árvores que seriam convertidas em carvão, passando-se, portanto, a cultivar reservatórios de carbono.

Criou-se uma solução original considerando-se o que prevaleceu nos países desenvolvidos. As plantações arbóreas colocavam-se como uma saída pela qual a siderurgia poderia se libertar da inexorável finitude das florestas naturais, sem, para isso, abrir mão do carbono de origem vegetal.

A origem histórica desta que pode ser dita a solução brasileira para o problema siderúrgico de suprimento de termo-redutor está no ano de 1904 (Rosillo-Calle et al: 1996, Osse: 1983). Neste, tomaram lugar no sudeste do Brasil, mais precisamente em São Paulo, experimentos rudimentares que tinham como objetivo verificar a possibilidade de aproveitamento da espécie arbórea eucalyptus, originária da Austrália, para a produção de lenha e madeira (Rosillo-Calle et al: 1996, Osse: 1983). O agrônomo Edmundo Navarro de Andrade, funcionário da Estrada de Ferro de São Paulo, concebeu tais experimentos, vislumbrado uma alternativa de suprimento da demanda por lenha e madeira, até então satisfeita por meio da exploração de florestas (CETEC: 1981, Rosillo-Calle et al: 1996, Osse: 1983, Dean: 2004).

Em uma situação na qual a exploração da mata nativa afigurava-se problemática para a siderurgia a carvão vegetal, a alternativa apontada por Navarro de Andrade brilhava como um

⁶¹ “Apesar da considerável reserva, a partir de meados da década de 40 a CSBM (Monlevade) passou a ter problemas recorrentes com o suprimento do combustível. Em 47 a 48, teve dois de seus altos fornos paralisados por insuficiência de provisão. A empresa percebia que os estrangulamentos eram decorrentes dos seguintes fatos: problema para o recebimento (atraso) de maquinarias importadas para o serviço carvoeiro; má conservação das rodovias e as endemias (malária) na região do Rio Doce (Santos: 1986).”

⁶² Uma solução menos radical do que a inglesa, tomando-se por base o contraste entre a via problemática e a via selecionada enquanto alternativa, mas mais radical no sentido da palavra, i.e., do ponto de vista de um entendimento das causas do problema.

caminho possível em um horizonte obscuro (Thibau & Azambuja: 1973, Osse: 1983, Moyon: 2005, CSBM: 1955, Kengen: 1985)⁶³⁶⁴. Ao menos é o que sugere o fato de que, em 1948, o serviço florestal da CSBM (fundado no mesmo ano, CSBM: 1955) estabeleceu suas primeiras plantações (experimentais) de eucalipto⁶⁵ (CSBM: 1955), sendo 1953 o ano em que tal empresa anunciava o “Plano de reflorestamento para a Usina de Monlevade”, “o primeiro elaborado e adotado por uma empresa siderúrgica no Brasil” (Osse: 1983).

Essa tentativa de emular florestas, estritamente em sua função de provisão de biomassa, entrou em plena marcha, considerando-se a produção de ferro e aço a partir do carvão vegetal no âmbito nacional, a partir da década de 1970 (Kengen: 1985, Rosillo-Calle: 1996).

Seria um erro crasso atribuir estritamente à livre iniciativa das siderúrgicas, a difusão da inovação tecnológica concebida por Navarro de Andrade. O Estado brasileiro vinha se empenhando, pelo menos desde a elaboração do primeiro Código Florestal (primeiro quinquênio da década de 1930), para fazer valer um aproveitamento racional das florestas, do ponto de vista social, para fins de produção de ferro e aço.

A obrigação de plantar árvores, em uma proporção definida, sempre que fosse derrubada uma árvore de mata nativa, bem com a de manter um estoque de árvores próprio e suficiente, consta na primeira versão do segundo Código Florestal Brasileiro, promulgado em 1965 (Brasil: 1965, Fischer: 2007). As siderúrgicas ficavam responsáveis por estabelecer plantações arbóreas que as permitissem não somente repor a mata nativa explorada, mas, para além disso, eliminar, em poucos anos, a necessidade de ter de recorrer à florestas para obter o carbono de que necessitassem para a redução (Brasil: 1965).

“Os incentivos fiscais recomendados por um grupo de trabalho reunido pelo Ministério de Agricultura, posteriormente incluídos no Código Florestal e instituídos finalmente em 1966, estimularam poderosamente o reflorestamento, beneficiando não somente a siderurgia a carvão vegetal mas também os demais consumidores de madeira (Osse: 1983).”

⁶³ Segundo Osse (1986), na “mesa redonda das indústrias siderúrgicas do Estado de Minas Gerais e do Estado de São Paulo, realizada entre 23 e 25 de outubro de 1951, em Belo Horizonte, previu-se o desaparecimento da reserva floresta nativa de Minas Gerais até 1972”. A saída aventada, no mesmo evento, foi sugerida pela apresentação de resultados obtidos pelas plantações de eucalipto do serviço florestal da Companhia de Ferro Paulista, os quais apontavam uma taxa de crescimento de eucalipto de 45m³/hectare/ano.

⁶⁴ O próprio Navarro de Andrade já previa que “de nossas matas podemos fazer carvão vegetal em grandes quantidades, mas sua heterogeneidade e a lentidão com que se recuperam nossas principais e mais apropriadas espécies florestais, as farão economicamente pouco seguras como fontes de carvão abundante e barato (Osse: 1983).”

⁶⁵ “Na década de quarenta [1940], frustradas as esperanças de que as florestas nativas, primárias e secundárias, assim como os cerrados, fossem capazes de proporcionar a produção de carvão necessária para a siderúrgica, em franco desenvolvimento, as maiores empresas do setor [siderúrgico] começaram a reflorestar para garantir seu abastecimento futuro (Osse: 1986, tradução livre do Espanhol).”

Além dos mecanismos de fiscalização cabíveis – como a necessidade de fazer aprovar junto a órgãos reguladores dos impactos ambientais da atividade produtiva, licenças e autorizações para explorar florestas e consumir carvão vegetal (Brasil: 1965) – a nova lei da década de 1960 veio logo acompanhada de mecanismos de geração de incentivos pecuniários (Kengen: 1985). Em um primeiro momento, estabeleceu-se o reembolso de 50% do imposto de renda recolhido, para todas as siderúrgicas que pudessem comprovar, dentro dos trâmites previstos, que essa soma seria destinada a projetos de formação de plantações arbóreas.

Em um segundo momento, diversificou-se as vias de financiamento acessíveis, criando-se recursos como o Fundo de Financiamento Setorial (FISSET), os quais, sendo especialmente destinados à formação de plantações, proviam condições mais favoráveis do que as de mercado, em termos do custo do crédito, dos prazos de pagamento e até mesmo das garantias mediante as quais o crédito seria liberado.

Na terminologia da economia do meio-ambiente, o advento das plantações arbóreas enquanto solução para o problema siderúrgico e suprimento de termo-redutor, no Brasil pós 1960, foi resultado para o qual contribuíram os mecanismos de comando e controle e de incentivos criados pelo estado brasileiro (Daly & Farley: 2004). Como resultado, a área coberta por plantações de eucalipto aumentou consideravelmente ao longo das décadas de 1970 e 1980.

Ao que tudo parecia indicar, as bases para a independência das florestas estavam sendo fundadas. O desfecho esperado, porém, nunca foi alcançado: a siderúrgica celebrada como uma das maiores plantadoras de eucalipto do mundo (Dean: 2004), a CSBM, não supria, 30 anos após ter recebido tal título, no ano de 1989, apenas 48% de seu consumo com carvão de eucalipto (CAF: 1989). Tal proporção era ainda menor para as demais siderúrgicas engajadas na plantação de eucaliptos. Em 1992, a marca de 50% da demanda siderúrgica brasileira – composta em 82% por Minas Gerais -, ainda não havia sido cruzada pelo carbono de fonte primária cultivada (ABRACAVE: 1995).

Um texto de 1979, i.e., mais de dez anos depois do início do programa de incentivos fiscais pró-“reflorestamento” do governo federal, intitulado “estágio atual das pesquisas sobre o carvão vegetal”, revela que:

“(...) tem-se conhecimento que cerca de 95% do carvão vegetal obtido hoje, no Brasil, provêm de formações vegetais nativas, que estão se escasseando, provocando, assim, um distanciamento crescente das áreas de carvoejamento, que já se localizam até mais de 800 km dos centros consumidores. Isto, naturalmente, foi gerado por uma atividade de desmate predatório, decorrente do pouco conhecimento sobre a utilização sustentada das formações

nativas. Na maioria das vezes, a regeneração natural tem sido impedida pelo corte prematuro das árvores, antes que ela entrem em fase reprodutiva (Netto: 1979)."

As razões para a não massificação da solução brasileira para o problema siderúrgico de suprimento de termo-redutor, levantadas de 1970 a 1990, pelos dirigentes empresariais, são diversas: magnitude proibitiva do investimento em plantações, dificuldades de financiamento, não obstante os incentivos fiscais especialmente dirigidos a isso, a defasagem entre o plantio e a colheita (apesar de sua exigüidade relativamente a outras espécies florestais), a indisponibilidade do conhecimento técnico necessário, etc, etc. (Dean: 2004, Thibau & Azambuja: 1973, Kengen: 1985).

É preciso avaliar o problema com mais vagar, buscando entender porque a prevalência da "solução brasileira" sobre a "solução primitiva" – extração do carbono de florestas - nunca se deu de maneira absoluta. É o que se buscar fazer nas seções seguintes.

4.2 A condição suficiente para a auto-suficiência siderúrgica em carvão de eucalipto

Um autor do início do século XX recomendava a prática de um nível de produção de ferro-gusa ditado pela dotação de carvão latente na reserva florestal de que uma fábrica dispunha.

"Ao projectar-se pois um estabelecimento siderurgico , deve-se primeiro calcular a quantidade de combustivel carvão de madeira que as mattas podem fornecer, para então estabelecer-se a base de producção diaria (Oliveira: 1903)."

E propunha uma fórmula para cálculo do nível de produção de ferro que colocava tal variável como função do estoque de matas de que dispunha a instalação siderúrgica, bem como dos coeficientes de conversão de lenha em carvão, de matas em lenha, e do período necessário para que a floresta se regenerasse, i.e., o ciclo florestal. No raciocínio de Oliveira (1903), o nível de produção siderúrgica a ser praticado deveria ser equivalente ao estritamente permitido pelo estoque do recurso natural lenha sobre o qual a empresa possuía comando. Após um breve exame da siderurgia a carvão vegetal da França e dos Estados Unidos, assinala o autor:

"(...) devemos ter em vista em Minas [que] a producção diaria dos fornos, isto é, toda installação siderurgica deve attender ao abastecimento de combustivel de modo a tel-o garantido, sem prejudicar a marcha dos fornos (Oliveira: 1903)."

As duas partes do artigo publicado nos anos de 1902 e 1903 nos "Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto", por Clodomiro Oliveira, contém recorrentes menções que, tais como as

destacadas, propõem que o nível de produção não deve exceder aquele que o estoque de florestas, sobre o qual se tem controle, permite suprir.

Se a “regra de Oliveira” for reformulada de modo a se adaptar à solução brasileira para o problema de suprimento de termo-redutor, assumirá a seguinte formulação: o nível de produção não deve exceder aquele que o estoque de plantações de eucalipto, sobre o qual se tem controle, permite suprir. Como é perceptível, a regra que se acaba de propor é desprovida de qualquer conteúdo procedimental, i.e., ela diz “o que fazer” mas não diz “como fazer”. Mais precisamente, tem-se nela apenas uma instrução a ser cumprida e não um procedimento, ou melhor, um algoritmo, conceito este que pode ser definido como uma seqüência de passos a serem implementados ordenadamente, para atingir um objetivo específico. Exemplificando, se uma siderúrgica decidisse, efetivamente, por em prática a regra de Oliveira, a primeira dificuldade que teria seria a de determinar como o estoque de plantações de eucalipto poderia ser mantido em um nível pelo menos equivalente ao exigido pelo nível de produção siderúrgica.

Existem diversos algoritmos possíveis cuja adoção conduziria ao cumprimento da regra de Oliveira, porém há somente um, entre todos eles, cuja adoção é condição suficiente para o cumprimento da regra de Oliveira. Trata-se do algoritmo a seguir, em que “ k ” é o ciclo florestal, i.e., o número de anos que uma plantação de eucalipto leva para atingir a idade de corte, e τ é um instante de tempo qualquer.

(i) Fixe, no instante de tempo τ , o nível de produção siderúrgica a ser praticado no instante de tempo $\tau+k$;

(ii.a) Se a área de colheita prevalecente no instante τ for menor do que a necessária para suprir o nível de produção fixado em (i) plante, em cada um dos k instantes compreendidos entre τ e $\tau+k$, uma extensão equivalente a k -ésima parte da diferença entre a área de colheita de $\tau-k$ e a área de colheita necessária para o auto-suprimento;

(ii.b) Se a área de colheita prevalecente em τ for não menor do que a necessária para suprir o nível de produção fixado em (i), nada mais precisa ser feito em τ ;

(iii) Implemente, em $\tau+k$, o nível de produção fixado em (i).

A demonstração do fato de que a adoção de tal algoritmo é condição suficiente para a prática da regra de Oliveira é trivial, e fundamental para a continuidade da exposição. Como o algoritmo indica, tem-se um problema composto por: (i) duas decisões: (i.a) a decisão de

quanto produzir e (i.b) a decisão de quanto plantar e; (ii) dois princípios: (ii.a) a decisão (i.a) determina a demanda de uma empresa siderúrgica por carvão vegetal e (ii.b) a decisão (i.b) determina a magnitude de auto-suprimento de carvão vegetal de eucalipto, que uma siderúrgica pode acessar.

Existem somente três maneiras pelas quais as duas decisões podem ser tomadas:

Caso 1: a decisão (i.a) é tomada após a decisão (i.b). Aqui somente por acidente atinge-se a situação que caracteriza a adoção da regra de Oliveira, k períodos após a tomada da decisão (i.b).

Caso 2: a decisão (i.a) é tomada não após a decisão (i.b), e isso se dá de modo que a segunda decisão não estabeleça uma magnitude suficiente para gerar um auto-suprimento compatível com a magnitude estabelecida por (i.a). Aqui nem por acidente as magnitudes da demanda por carvão vegetal e do auto-suprimento de carvão de eucalipto coincidirão, k períodos após a tomada de decisão (i.b).

Caso 3: a decisão (i.a) é tomada, não após a decisão (i.b), e isso se dá de modo que a segunda decisão estabeleça uma magnitude suficiente para gerar um auto-suprimento compatível com a magnitude estabelecida por (i.a). Aqui a demanda por carvão vegetal e o auto-suprimento de carvão de eucalipto coincidirão numericamente, k períodos após a tomada de decisão (i.b).

Como é claro, o caso 3 coincide com o algoritmo apresentado, e, somente sob ele, a auto-suficiência é obtida a priori, sendo, portanto, certa. Sob o caso 1, a auto-suficiência pode ser alcançada a posteriori, resultado este que é incerto. Alternativamente, se as duas decisões forem tomadas de qualquer outro modo que não o previsto no caso 3, não é possível dizer, a priori, se a auto-suficiência será ou não atingida k períodos após a escolha denotada por (i.a).

No presente estágio da argumentação, dispõe-se dos seguintes fatos lógicos: (f.1) a busca, a priori, da auto-suficiência em carvão de eucalipto – comportamento esse indicado pelo caso 3 -, é condição suficiente para a prática da regra de Oliveira; (f.2) a prática da regra de Oliveira é a prática da auto-suficiência em carvão de eucalipto. Tomando-se como premissa, portanto, o fato empírico de que as siderúrgicas mineiras a carvão vegetal nunca foram auto-suficientes em carvão de eucalipto, conclui-se, por dedução, a partir de (f.1) e (f.2), que as siderúrgicas mineiras a carvão vegetal nunca buscaram, a priori, a auto-suficiência em carvão de eucalipto. I.e., a decisão referente ao nível de produção sempre foi tomada quando não era mais possível reverter suas conseqüências em termos de desvio da rota que as conduziria à auto-suficiência. O exemplo, detalhado no Box 1, corrobora essa conclusão. É preciso identificar as razões

pelas quais a adoção de um procedimento, tal como o descrito pelo algoritmo proposto, não se mostrou, historicamente, interessante pelas siderúrgicas a carvão vegetal. Isso é feito nas próximas seções.

Box 1: inconsistência temporal na CSBM

A mais interessante demonstração da possibilidade de uma revisão da decisão acerca do nível de produção siderúrgica malograr uma tentativa de atingir a auto-suficiência em carvão de eucalipto, que se pôde encontrar, toma como base um estudo publicado em 1973 por uma equipe do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF). Em 1971 foi constituído o Grupo de Trabalho Carvão Vegetal na Siderurgia (GTCVS), formado no interior do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, com o intuito de “estudar a situação atual e as perspectivas futuras do emprego de carvão vegetal na indústria siderúrgica e propor normas de reflorestamento e manejo florestal, visando ao equilíbrio entre consumo e produção de material lenhoso para fabricação de carvão”.

O relatório final do GTCVS, para o qual se levantou dados em 1971, apresenta projeções para a produção de ferro-gusa e para o consumo de carvão vegetal de todas as siderúrgicas de Minas Gerais, referentes ao período de 1972 a 1980. Tais projeções foram validadas junto às empresas antes da publicação do estudo e refletiam, portanto, as metas de produção vislumbradas por elas para os anos futuros.

Havia duas projeções para a CSBM, uma de 500.000 tFG/ano e outra, de 600.000 tFG/ano, a última considerando todas as possibilidades de expansão aventadas pela empresa, mesmo que a mesma não estivesse certa da viabilidade econômica de cada um delas. Com base nisso, os redatores elaboraram um plano de auto-suficiência em carvão vegetal, levando em conta a projeção mais conservadora, o que os permitiu chegar à conclusão de que “[a] execução do Programa Florestal, visando a auto-suficiência em carvão da empresa siderúrgica integrada, é perfeitamente viável.” Implícita estava a hipótese de que não haveria qualquer expansão da produção de ferro-gusa durante os vinte e dois anos que as plantações levariam para colocarem-se em condições de sustentar a auto-suficiência. Eis o calcanhar de Aquiles que exporia o projeto proposto ao malogro caso fosse colocado em prática pela CSBM, ou melhor, por seu serviço florestal, a empresa denominada Companhia Agroflorestal Santa Bárbara, ou simplesmente, CAF⁶⁶.

O comportamento efetivo da CSBM refutou as projeções, uma vez que o limite de 500.000 tFG/ano, o qual deveria, de acordo com os questionários aplicados e validados, ser mantido até o ano de 1980, foi ultrapassado já em 1973. O fato de que a produção de ferro-gusa da CSBM foi de 814.272 tFG/ano em 1982 sugere – levando-se em conta a variação anual média ao longo da década de 1960 de 4% e a produção anual para o ano de 1975 de 578.526 tFG – que até mesmo o limite máximo das projeções, de 600.000 tFG/ano, foi ultrapassado antes de 1980.

⁶⁶Existe uma evidência de que a CAF perseguia, em 1975, o objetivo de auto-suficiência em carvão de eucalipto: “A CAF desenvolve atualmente o plano de auto-suficiência em carvão vegetal. Dentro dos próximos dez anos, o abastecimento das usinas selo-á, com carvão proveniente das florestas homogêneas de eucaliptos. Para tal, trabalhamos em um raio de 100 km da fonte consumidora, em áreas mecanizáveis e não mecanizáveis (ABM: 1975, 113).”

O projeto de auto-suficiência para uma siderúrgica integrada fora elaborado em conjunto com o diretor da CAF, o que indica que continha fundamentos possivelmente correspondentes às práticas de estabelecimento de plantações, com fins de suprimento de carvão vegetal, que tomavam lugar em tal empresa.

4.3 Resistência à auto-suficiência apriorística

A busca da auto-suficiência, aprioristicamente – no sentido da seção anterior, i.e., antecipando-se a decisão acerca do nível da produção siderúrgica – pressupõe (i) a detenção de um estoque de capital suficiente para financiar o investimento em plantações⁶⁷, (ii) a detenção de incentivos para alocar o capital necessário em plantações e; (iii) a não-revisão da decisão pelo nível de produção tomada antecipadamente.

É preciso verificar quais fatores atuavam para favorecer e desfavorecer a verificação das duas condições apontadas, para as siderúrgicas brasileiras a carvão vegetal. Para levar a cabo esse desiderato, estuda-se o caso da CSBM, empresa para a qual se pôde reunir o mais completo e preciso conjunto de informações. A omissão quanto ao caso de outras empresas de grande relevância para o tema, impõe-se por conta da dificuldade encontrada no trabalho de campo para contatá-las e persuadi-las a fornecer o material necessário para que fossem contempladas. De qualquer modo, pôde-se compilar dados suficientes para um exame preciso do caso daquela que foi a primeira a cultivar reservas primárias de carbono.

4.3.1 O problema de mobilização de capital

Por meio de um exercício com dados que puderam ser obtidos para a década de 1970 pode-se demonstrar a possibilidade de implantar-se, partindo de 1971, uma extensão de plantações suficientes para alcançar-se um auto-suprimento equivalente à demanda de termo-redutor da CSBM. Vamos a ele.

Parte-se das seguintes hipóteses: (i) o ano de início do projeto é 1971; (ii) o projeto consistirá na implantação de um sistema rotativo de plantações, sendo denominado doravante de “projeto hipotético”. O ciclo (defasagem entre implantação e corte) é de oito anos⁶⁸ e haverá três rotações⁶⁹ (número de ciclos, o que significa que a floresta deverá regenerar-se duas vezes

⁶⁷ “Exatamente como na agricultura, o plantio racional do eucalipto ou do pinheiro envolvia custos consideráveis de implantação e cultivo, inclusive de melhoramento de sementes, fertilizantes e biocidas (Dean: 2004).”

⁶⁸ O projeto apresentado por Thibau & Azambuja (1973), estudo que contou com a colaboração do presidente da CAF, prevê uma colheita no oitavo ano, de modo que se está tomando por base a prática prevalecente na época.

⁶⁹ Outra diretriz que está de acordo com o registro da prática da época que consta no relatório do GTCVS (Thibau & Azambuja: 1973).

após o corte) com uma reforma do terreno (descanso) a partir da terceira colheita. Durante oito anos será implantada uma área fixa, de modo a que, em 1978, tenha-se um suprimento anual de lenha exatamente suficiente para cumprir a meta de auto-suficiência em carvão de eucalipto; (iii) A meta para a produção de ferro-gusa em 1978 é de 800.000 tFG; (iv) o auto-suprimento de carvão vegetal de eucalipto corresponde, no ano em que a instalação do projeto é iniciada (1971), a 338.702 m³CV, número equivalente à produção de carvão de eucalipto da CSBM em 1971, de acordo com Thibau & Azambuja (1971).

Supõe-se adicionalmente que a área anual de plantio (A) é dada por:

$$A = \frac{z_{1978}\varepsilon - 338.702}{df v}$$

Em que:

z_{1978} ≡ produção de ferro-gusa em 1978 ≡ 800.000 tFG, uma (super) estimativa que leva em conta o fato de que, em 1984, tal produção foi de 814.272 tFG para a CSBM;

ε ≡ consumo específico de carvão vegetal [m³CV/tFG] ≡ 3 m³CV/tFG (trata-se do valor tomado por base em Thibau & Azambuja: 1971);

df ≡ densidade florestal [m³L/ha] ≡ 185stL /ha, trata-se do valor para que Thibau & Azambuja (1973) levam em conta, apoiando-se, para isso, em informações obtidas junto ao serviço florestal da CSBM - i.e., a CAF;

v ≡ rendimento volumétrico ≡ 0,5 m³CV/stL, valor tomado por base em Thibau & Azambuja (1973).

De tal modo, a área de plantio anual corresponde à área que terá de ser colhida a partir de 1980 para cumprir-se com a meta de auto-suprimento completo via plantações. Multiplicando-se tal área pelos custos de cultivo de plantações, informados por Thibau & Azambuja (1973), referentes a cada um dos oito anos ao longo dos quais as árvores crescem até atingirem o ponto de corte e, somando para todas as oito áreas de cultivo, chega-se aos valores informados na primeira linha da tabela 5.

Devem ser também incluídos (i) os custos de aquisição de terras para plantio, bem como (ii) o investimento associado ao aumento da capacidade de produção de carvão necessário para fazer frente ao aumento da produção (segunda e terceira linhas da tabela 5). O cálculo do custo fundiário resume-se na multiplicação do preço da terra por hectare, de 1971Cr\$200/ha, segundo Thibau & Azambuja (1973). Já o segundo custo tem sua estimativa dependente de algumas hipóteses. Denotando-o por I_{CV} , tem-se:

$$I_{CV} \equiv N_F * P_F + I_F$$

Em que:

N_F ≡ Número de fornos a serem construídos. Estimar-se N_F pela razão entre a produção adicional de carvão vegetal – diferença entre a produção de carvão vegetal em 1971 e a demanda por carvão vegetal em 1978, $(800\text{tFG/ano} * 3\text{m}^3\text{CV/tFG}) - 338.702\text{m}^3\text{CV} = 2.061.298 \text{ m}^3\text{CV}$ – e a capacidade do forno de carbonização, $534,7\text{m}^3\text{CV/ano}$ (Osse: 1972).

P_F ≡ Custo de construção de um forno de carbonização ≡ 1971Cr\$1.150,00/forno, levando-se em conta o forno de superfície, o maior e mais caro forno adotado pela CAF, segundo Osse (1972).

I_F ≡ Custo de construção da infraestrutura das carvoarias. Tomando-se por base Osse (1971), em que o autor coloca que o custo do forno de carbonização, efetivamente utilizado pela CAF em 1971, é de 1971Cr\$500, e o custo de instalação das habitações para os trabalhadores é de 1971Cr\$1.283,35. A razão entre ambos os valores (de 2,57) pode ser tomada como base para uma estimativa para I_F , a qual será equivalente a $2,57 * P_F$.

O cômputo dos investimentos (i) e (ii) será amortizado ao longo dos oito anos de implantação da plantaço.

Tabela 5 - Investimentos anuais demandados pela execução do projeto hipotético e sua importância relativa

Investimento/ Ano	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Cultivo	31.198.024	40.111.745	46.351.350	48.134.094	49.916.838	51.699.582	53.482.326	55.265.071
Terra	4.456.861	4.456.861	4.456.861	4.456.861	4.456.861	4.456.861	4.456.861	4.456.861
I_{CV}	554.534	554.534	554.534	554.534	554.534	554.534	554.534	554.534
Total	36.209.418	45.123.139	51.362.744	53.145.488	54.928.232	56.710.976	58.493.721	60.276.465
% capital social (t-1) (a)	8%	10%	10%	11%	12%	?	?	?
% do investimento em programas de expansão (b)	77%		92%	114%	102%	?	?	?
% do investimento em programas de expansão corrigida (c)	67%		78%	77%	70%	?	?	?

(a) Trata-se da razão entre o investimento necessário ao estabelecimento do projeto hipotético e o valor do capital social da CSBM um período atrás. Os valores efetivos assumidos pelo capital social da CSBM foram extraídos de relatórios anuais da empresa (CSBM: 1962, 1971, 1972, 1973, 1974). Os valores foram atualizados pelo IGP-DI.

(b) Trata-se da razão entre o investimento necessário ao estabelecimento do projeto hipotético e o valor do investimento em programas capital social da CSBM um período atrás. Para os anos de 1971, 1972 e 1973, levaram-se os dados apresentados no excerto a seguir. "No ano que se encerrou, foi tecnicamente concluída a expansão

prevista para o triênio 1971/73. Os investimentos em 1973 atingiram a cifra de Cr\$89 milhões que, se somados aos realizados em 1971 e 1972, no valor de Cr\$146 milhões, perfazem o total de Cr\$235 milhões (CSBM: 1973)." O valor reportado, na tabela, para os anos de 1971 e 1972, corresponde à razão do cômputo do investimento no projeto para cada um dos anos pelo cômputo do investimento em programas de expansão, também para os dois anos. Para o ano de 1974 tomou-se o valor reportado na rubrica "imobilizado", do relatório de aplicações, como referência. Para 1975 levou-se em conta a informação de que "[d] ando andamento aos planos de expansão, a companhia pretende investir Cr\$150.000.000 durante o ano de 1975 (CSBM: 1974)." Os valores foram atualizados pelo IGP-DI.

(c) Trata-se do cálculo análogo ao descrito na nota (b), exceto pelo fato de que do valor do investimento no projeto hipotético foi descontado 25% do valor do imposto de renda do período, informado em CSBM (1971, 1973, 1974), uma estimativa para o valor dos incentivos fiscais com os quais a empresa foi contemplada, no período. Como será esclarecido adiante, os incentivos fiscais consistiam, em 1971, no abatimento de uma magnitude de até 50% do valor do imposto de renda a ser pago, no caso de aplicação deste valor em "reflorestamento". Essa proporção caiu progressivamente, até chegar a 25% em 1978, de modo que o desconto é subestimado. Para os anos de 1971 e 1972, tomou-se por base o dobro do imposto de renda de 1972. Para o ano de 1975, levou-se em conta o mesmo valor do imposto de renda de 1974. Ambas as convenções são necessárias por conta da falta de dados.

Como mostram as três últimas linhas da tabela 5, os valores a serem investidos no projeto hipotético de auto-suficiência em carvão de eucalipto estavam de acordo com o comportamento da CSBM tanto no que respeita às inversões realizadas no período, como no que respeita aos recursos de a empresa dispunha para investir.

Quanto a isso, é preciso frisar que se está apresentado uma superestimação, uma vez que: (i) tomou-se uma magnitude para a produção de ferro-gusa que não seria atingida antes de 1980 pela CSBM; (ii) o projeto hipotético objetiva a auto-suficiência em apenas 8 anos, um terço do horizonte previsto em Thibau & Azambuja (1973), para uma siderúrgica integrada de porte equivalente ao assumido pela CSBM em 1971 (500.000 tFG). Essa maior "velocidade" impacta no sentido de elevar a área anual de plantio (de 22.284,3 ha, mais de três vezes maior a de 6.000 ha do projeto de Thibau & Azambuja: 1973) e, por decorrência, as inversões anuais, as quais são múltiplos da área plantada.

Mesmo trabalhando com um projeto de "alta velocidade", e, portanto, de elevado nível de esforço para a empresa – sendo a medida do esforço a inversão exigida -, chega-se ao mesmo resultado a que a equipe do IBDF chegou em 1973 (Thibau & Azambuja: 1973): "*A execução do Programa Floresta, visando a auto-suficiência em carvão da empresa siderúrgica integrada, é perfeitamente viável.*"

Tal é a conclusão sugerida pela baixa proporção do capital social que seria necessário empatar e pelo fato de que as inversões anuais mostram-se próximas as realizadas em projetos de expansão da produção de aço e derivados (ultrapassando as mesmas somente em dois anos), medidas, como já assinalado, ampliadoras da demanda por carvão vegetal. Subtraindo-se dos investimentos anuais no projeto, estimativas para o valor dos incentivos fiscais pró-“reflorestamento”, captados pela CSBM, reduz-se de maneira não desprezível a razão entre o capital dirigido para o projeto hipotético e o dirigido para os projetos de expansão efetivamente realizados. Assim torna-se mais forte a evidência de viabilidade de um auto-suprimento pleno e exclusivamente baseado no eucalipto.

Emerge a percepção de que a manutenção do investimento em plantações de eucalipto em um nível modesto não teve como fundamento um problema de mobilização de capital. Como indicam as evidências apresentadas no Box 2, tinha-se um problema de alocação de capital, já que investia-se, na expansão da capacidade produtiva em detrimento dos projetos de “reflorestamento”.

Box 2. Alocação do capital entre siderurgia e auto-suprimento de carvão de eucalipto entre 1971 e 1985

Nos anos de 1970 a CSBM modificou sua pauta de produtos, canalizando esforços para os trefilados em detrimento da produção de laminados, os quais foram historicamente aproveitados sobretudo pelo setor de construção civil. Tal diretriz foi decidida em função da leitura que os dirigentes da empresa tinham da capacidade da empresa de competir vantajosamente no mercado de laminados, levando-se em conta a estrutura de produção já instalada. Os trefilados eram vistos como produtos de maior valor agregado, i.e., cuja produção proporcionava a aferição de maior taxa de lucro por peça, do que os laminados (Moyen: 2007). Uma série de transformações na estrutura produtiva foi levada a cabo com o intuito de adaptá-la ao novo foco, as quais compreenderam não somente melhorias nas condições tecnológicas e aumento da capacidade, no âmbito da produção de trefilados, mas reestruturações em todos os estágios da cadeia de transformação do aço e mesmo do ferro-gusa. Destacaram-se a modernização do equipamento denominado trem Morgan, o que levou a um “salto” na produção de fio-máquina, “principal insumo dos trefilados” (Moyen: 2007). As aciarias – instalações de produção do aço bruto – e mesmo os alto-fornos foram alvo de melhorias.

Provavelmente este programa de expansão contribuiu para gerar a ampliação da produção de ferro-gusa para além das projeções do GTCVS comentadas no item anterior - o apêndice ao capítulo 4 apresenta a trajetória efetiva da produção de ferro-gusa da CSBM, o que permite verificar a ultrapassagem da meta do GTCVS. Tal expansão, ocorrida entre 1971 e 1973, coincidiu com um aumento do auto-suprimento de carvão vegetal de magnitude equivalente a 322.199 m3CV (vide apêndice). Em 1971, 91% do auto-suprimento de CV era

proveniente de plantações de eucalipto e 9% de florestas (cerrado e mata atlântica)⁷⁰. Tomando-se um custo para o carvão, respectivamente, de Cr\$37,20/m3CV e Cr\$30,45/m3CV (Thibau & Azambuja: 1973), chega-se a uma estimativa para o custo do aumento do auto-suprimento registrado entre 1971 e 1973 de Cr\$11.788.090,84.

O relatório anual de 1973 revela que “Os investimentos em 1973 atingiram a cifra de Cr\$89 milhões que, se somados aos realizados em 1971 e 1972, no valor de Cr\$146 milhões, perfazem o total de Cr\$235 milhões.”⁷¹

Com base nisso, conclui-se que o custo estimado da ampliação do auto-suprimento de carvão vegetal representa apenas 5% da magnitude do investimento no programa de expansão sob consideração. Se adicionarmos a esse valor as despesas com a formação de plantações⁷², registradas nos relatórios anuais de 1971 e 1973, multiplicando por dois o valor do último ano (o maior entre os dois) de modo a cobrir a falta do dado referente ao ano intermediário, chegamos a uma proporção de 24% do valor total investido no programa de expansão.

Menos de ¼ do capital dirigido para uma finalidade cuja consecução redundante (mesmo que não instantaneamente), no aumento do consumo de carvão vegetal foi empatado na ampliação do auto-suprimento desse insumo. I.e., dirigiu-se mais capital ao aumento da demanda do que ao aumento da oferta interna de carvão vegetal.

Essa tendência referente à alocação de capital é recorrente, conforme indicam alguns fatos. Tomando-se a razão entre as aplicações em reflorestamento, reportadas nos relatórios anuais de 1971, 1973 e 1974, e as áreas plantadas em cada um desses anos, indicadas em Souza (1986), pode-se estimar o custo do investimento em “reflorestamento” por hectare. Se o maior valor entre as três estimativas (1971Cr\$2.514,14) for tomado como referência, pode-se chegar – corrigindo-se os valores apropriadamente para a inflação, com base no IGP-DI - a uma (super) estimativa para o montante investido em plantações entre os anos de 1973 e 1976, a partir do produto da referência pelas áreas plantadas em cada ano. A razão entre o número obtido, corrigido pela inflação, e o custo do plano de expansão realizado no triênio de 1974 a 1976, de 1974Cr\$630 milhões (CSBM: 1974), equivale a 32%. Tem-se, portanto, que o investimento realizado, entre 1974 e 1976 correspondeu a menos de 1/3 do capital dirigido à expansão do auto-suprimento via eucaliptais.

Em outubro de 1985 entrou em operação uma nova aciaria LD, cujas obras foram iniciadas em 1981, i.e., uma unidade de produção de aço, a qual era destacada enquanto geradora de um produto de alta qualidade, pois oriundo da queima de carvão vegetal (RA 1984). O custo de instalação da nova aciaria era de 90 MU\$. Capacidade nominal: 1MTA/ano. Essa aciaria substituiu “totalmente as antigas aciarias e os fornos SM e aumentou a capacidade produtiva para 1.200 toneladas ao ano.” Existem evidências de que a ampliação da capacidade da produção de aço redundou na ampliação da produção de ferro-gusa, já que um quinto alto forno foi adicionado à usina de Monlevade em 1980 (Moyen: 2007).

Entre 1981 e 1985, a produção de auto-suprimento caiu, tal como está indicado no apêndice, o que já é suficiente para sugerir que o capital foi dirigido, sobretudo, às obras de expansão. Entre 1981 e 1986 houve, porém, um aumento de 134.568 m3CV no auto-suprimento, o que corresponde a um dispêndio de US\$ 1.133.062,56, de

⁷⁰ Para chegar a esse número, tomou-se a produção de 372.572m3CV para o ano de 1971, como apontado na tabela do apêndice e o volume de carvão de eucalipto de 338.702 m3CV, o qual corresponde ao que a CSBM haveria recebido em 1971, segundo consta em Thibau & Azambuja (1971).

⁷¹ Fica claro nesse ponto que o viés introduzido pela não atualização monetária dos custos de carvão vegetal, referentes a 1971, é parcialmente compensada pelo fato de que o valor de 250 MCr\$ (a ser tomado como base de comparação) é uma soma de valores referentes a 1971, 1972 e 1973.

⁷² Rubrica “reflorestamento” do demonstrativo de aplicações.

acordo com o custo de carvão vegetal reportado em CAF-CSBM (1989). Adicionando-se a isso uma estimativa para as inversões em plantações realizadas ao longo do período, de cinco vezes o valor que se pode deduzir do relatório anual de 1985 da CSBM⁷³, chega-se a um número que corresponde a apenas 2% do total investido na instalação da nova aciaria.

4.3.2 O problema de alocação do capital em plantações

Kengen (1985) constata, nos anais de conferência nacional que ocorreu em 1957 – a reunião florestal de Itatiaia –, o clamor pela criação de linhas de crédito, com taxa de juro subsidiada, especialmente destinadas ao financiamento do estabelecimento de plantações arbóreas (Kengen: 1985). Em 1958, representantes de setores de base florestal propunham a criação de um “fundo florestal”, com o intuito de estabelecer condições favoráveis à ampliação da intensidade na qual vinham sendo estabelecidas plantações, tornando-a compatível com a intensidade em que florestas naturais vinham sendo desbastadas.

Em 1962, um grupo de trabalho do Ministério da Agricultura propunha que fossem criadas tanto uma linha de financiamento especial quanto diversas isenções fiscais para a atividade de plantações arbóreas. O intuito era, mais uma vez, ampliar a taxa de estabelecimento de plantações, a qual se mostrava consideravelmente inferior à taxa de exploração de florestas nativas (a área anualmente plantada correspondia a 0,6% da área de florestas anualmente suprimida, segundo cálculo feito em 1963 pelo Instituto Nacional do Pinho, Kengen: 1985).

Mas foi somente em 1966 que os entusiastas das plantações arbóreas lograram ver seus clamores atendidos. O governo federal criou um dispositivo legal que introduziu a isenção fiscal a “plantadores de florestas”. Tratava-se de parte de um pacote de incentivos setoriais, criados no âmbito de programas estatais de estímulo à industrialização. Como coloca Kengen (1958), os esquemas de incentivos fiscais voltados às plantações arbóreas eram parte da estratégia de desenvolvimento econômico sob implementação desde 1964.

A lei 5.106, de 1966 contemplava tanto indivíduos como corporações. No primeiro caso, o mecanismo de estímulo era o abatimento ou desconto, nas declarações pessoais de renda, das importâncias aplicadas no “florestamento ou reflorestamento”, em uma magnitude de até 50% do valor da renda bruta tributável. Para as pessoas jurídicas, perdoava-se, sob a mesma condicionante (aplicação em plantações arbóreas, no ano do exercício), até 50% do montante devido enquanto imposto de renda⁷⁴ (Kengen: 1985, Brasil: 1966)⁷⁵. Em ambos os casos, o

⁷³ Foi feita a para o câmbio de Cr\$4.350/US\$, referente ao dia correspondente à assinatura do texto CAF (1989).

⁷⁴ “As pessoas jurídicas poderão descontar do imposto de renda que devam pagar, até 50% (cinquenta por cento) do valor do imposto, as importâncias comprovadamente aplicadas em florestamentos ou reflorestamento, que

governo atuava enquanto concessor de crédito, com a ressalva de que a aplicação de tal crédito não era livre, mas restrita a projetos de estabelecimento ou manutenção de plantações arbóreas.

Em 1967 a responsabilidade por aprovar e gerir a concessão de incentivos fiscais, foi centralizada no então criado Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF). “Nesse contexto, qualquer projeto de ‘reflorestamento’ a ser contemplado com incentivos fiscais deveria ser aprovado pelo IBDF (Kengen: 1985)”.

Em 1970, o decreto-lei # 1.134 revogou o direito de pessoas físicas ao perdão do imposto de renda por conta de aplicação em projetos de reflorestamento. Além disso, o limite máximo do montante de crédito teria de se restringir não somente a 50% do valor do imposto de renda, mas não poderia superar 75% do custo do projeto⁷⁶ (Kengen: 1985, Brasil: 1970).

No mesmo ano, outras medidas aprovadas pelo governo federal reduziram o montante máximo do repasse de crédito do imposto de renda para projetos de “reflorestamento”. Somente 50% da magnitude perdoada do imposto de renda poderia ser destinada ao fim originalmente previsto. A partir de 1974 o valor máximo do abatimento do imposto de renda passou a ser reduzido em uma magnitude absoluta de 5%, anualmente – *“Assim, a porcentagem máxima do imposto devido, a qual poderia ser destinada ao ‘reflorestamento’, caiu dos 50% originais, para 45% em 1974, e para 40% em 1975, e assim por diante, até atingir 25% a partir de 1978 (Kengen: 1985).”*.

Deste modo, em 1978, o empresário desejoso de explorar o benefício da isenção fiscal para aplicar em plantações arbóreas, contaria com um crédito de tal natureza não superior a 12,5% do montante de seu imposto de renda corrente.

Foi apenas em 1974 que se criaram linhas de financiamento especialmente concebidas para o manejo de plantações arbóreas (Kengen: 1985, Fischer: 2002). O primeiro instrumento desenhado pelo governo federal estabelecia um fundo de investimento. Qualquer pessoa jurídica poderia destinar parte do montante de seu imposto de renda - a qual seria perdoada mediante a comprovação de tal destinação -, para o fundo denominado Fiset-reflorestamento,

poderá ser feito com essências florestais, árvores frutíferas, árvores de grande porte e relativas ao ano base do exercício financeiro em que o imposto for devido (Brasil: 1966).”

⁷⁵ Exigia-se que a empresa detivesse um contrato que garantisse o direito de uso – via propriedade privada ou aluguel - da terra a ser empregada no cultivo das plantações, ao longo de todo o período de duração do sistema de rotação (Kengen: 1985).

⁷⁶ O procedimento de concessão e aplicação do crédito também era alterado pelo decreto-lei 1134: ao invés de receber a isenção fiscal após as despesas que a justificavam terem sido realizadas (a norma anteriormente), permitia-se que a soma que se planejava aplicar de tal maneira fosse depositada no Banco do Brasil, sendo liberada em parcelas, conforme o IBDF aprovasse os projetos associados às despesas planejadas (Kengen: 1985).

tornando-se acionista da empresa que recebesse o valor. A última estava, obviamente, obrigada a aplicar em projetos de plantações arbóreas. O IBDF assumia a responsabilidade de gestor do fundo (Kengen: 1985, Fischer: 2002).

Esse instrumento rendeu resultados consideráveis, no que tange ao estabelecimento, na esfera nacional, de plantações arbóreas. Segundo Juvenal & Mattos (2002) “[a] maior parte da área reflorestada existente no País formou-se nas décadas de 1970 e 1980, quando da vigência do Fiset.” A intermediação de recursos possibilitada pelo Fiset foi responsável pela “expansão da área reflorestada brasileira em 6,2 milhões de hectares, correspondente a uma média anual de plantio de 312,6 mil hectares, segundo o extinto Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF) (Juvenal & Mattos: 2002)”⁷⁷.

O decreto # 79.046, de 27 de dezembro de 1976, impôs restrições geográficas à abrangência da contemplação por incentivos fiscais. “Somente projetos estabelecidos em ‘regiões prioritárias para o reflorestamento’ e/ou ‘distritos florestais/industriais’ seriam contemplados com incentivos fiscais (Kengen: 1985, tradução livre do inglês).” Reestabeleceu-se o incentivo fiscal para pessoa física.

Em 1983, o decreto # 88.207 impôs mais restrições à concessão de incentivos fiscais. A partir deste ano, 50% do valor do fundo Fiset-reflorestamento passaria a ser destinado para projetos na área de influência da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), a qual compreendia a região nordeste do país e a porção do norte do estado de Minas Gerais correspondente ao Vale do Jequitinhonha (Kengen: 1985). Além disso, o incentivo fiscal somente seria concedido se a empresa demandante empregasse recursos próprios na implantação das plantações. As áreas a serem plantadas deveriam também adequar-se a limites estabelecidos por setor e por empresa.

Os incentivos fiscais, concedidos pelo governo federal, à atividade de plantações arbóreas, foram suprimidos em 1988, por meio do decreto lei #7.714 (Fischer: 2007).

Tem-se aí uma breve revisão da história dos incentivos fiscais pró-plantações arbóreas no Brasil. É ponto pacífico na literatura consultada sobre o tema que, durante período de validade de tais instrumentos de estímulo, a área plantada com eucalipto sofreu a maior ampliação de toda a história do país (Kengen: 1985, Fischer: 2007, Juvenal & Mattos: 2002). Somente no estado de Minas Gerais, a área plantada com eucaliptos passou de 62.362 ha em 1967, para

⁷⁷ Os autores acrescentam, ainda que “[o]bserva-se, portanto, que praticamente não existiam florestas plantadas no Brasil anteriormente ao Fiset, bem como uma expressiva indústria de base florestal (Juvenal & Mattos: 2002).”

1.808.632 ha, em 1982 (97% da área total plantada referente ao último ano foi estabelecida após 1967) (Brito et al: 1997). No âmbito nacional, o aumento da área coberta por plantações arbóreas (sem distinção de espécie) pode ser estimado, a partir de dados informados em Kengen (1985), em 57 vezes, tomando-se como referência os anos de 1961 e de 1981 (e a premissa de que apenas 85% da área de plantação aprovada pelo IBDF deu efetivamente lugar a plantações).

Um ponto não analisado pela literatura citada – e aí a dimensão crucial a ser discutida - é o da natureza interventora, do ponto de vista da decisão de alocação de capital de uma empresa de base florestal, da modalidade de incentivo fiscal de que lançou mão o governo federal, entre 1960 e 1980.

É nítido que não se tratava somente de uma alternativa de mobilização de custo nulo, mas também de uma maneira de dirigir a alocação do capital para a formação de plantações substitutivas das florestas. A modalidade de abatimento do imposto de renda, qualquer que fosse a proporção máxima permitida, vinculada à aplicação do montante perdoado em “reflorestamento”, não dava lugar para que aquele que, na teoria econômica (em suas diversas vertentes) é apregoado (e muitas vezes exaltado) como condicionante fundamental do comportamento de uma empresa capitalista. O desejo de gerar a maior magnitude possível de lucro por unidade monetária investida tinha sua influência bloqueada na decisão acerca de como alocar o montante perdoado do imposto de renda. O critério de alocação era compulsório, e não advinha da esfera do livre arbítrio da unidade de decisão detentora do recurso a ser alocado.

Nesse sentido e levando o raciocínio a um maior nível de abstração, um dos serviços prestados pelo governo ao introduzir os incentivos fiscais foi o de proteger os capitalistas de sua própria racionalidade, permitindo-os alocar o capital não de acordo com a preferência revelada, pelas evidências apresentadas na seção anterior, pelo investimento em expansão da produção de derivados de aço ou ferro-gusa, mas de acordo com os princípios de auto-suficiência e reposição previstos no código florestal de 1965 (Brasil: 1965, Kengen: 2002, Dean: 2004).

Esse serviço pode ser entendido como uma distorção de incentivos no âmbito da teoria econômica ortodoxa, já que se trata de munir o “agente” com um recurso cuja destinação não é determinada por seu livre arbítrio, retirando-se toda a liberdade do capitalista para decidir como deve aplicar seu capital. Trata-se de uma violação de um dos princípios de liberdade mais antigos e acaloradamente defendidos na história do pensamento econômico,

nomeadamente o de que não existe uma pessoa capaz de dirigir melhor o capital para aplicação do que seu detentor - em uma formulação próxima à de Adam Smith (Smith: 1789). De tal modo, os incentivos fiscais haveriam logrado sucesso em seu objetivo de estímulo ao aumento da área de plantações por conta da irracionalidade – do ponto de vista da hipótese teórica de alocação do capital pela lucratividade das oportunidades disponíveis, invocada pelos autores clássicos da economia, em Smith (1789), Ricardo (1817) e Marx (1890) - inerente à maneira pela qual foram desenhados para funcionar.

Uma vez que, para as siderúrgicas integradas, não havia dificuldades para financiar internamente seus investimentos em programas de expansão - como demonstrado na seção anterior - incentivos fiscais geradores de crédito não poderiam fazer diferença no que tange à mobilização de recursos. Se, pois, os incentivos fiscais contribuíram para que empresas que possuíam condições permissivas de financiamento interno, ampliassem seus maciços de plantações - tal como revelado em Kengen (1985), Brito (1994), e pelo exame de relatórios anuais da CSBM (CSBM: 1971, 1974, 1980 e 1984) -, isso somente pode ter se dado por conta da distorção criada pelos incentivos fiscais.

4.3.3 Forças que desfavoreceram uma decisão apriorística do nível de produção

A história da siderurgia a carvão vegetal no Brasil, a partir dos anos de 1930, não pode ser compreendida sem uma releitura da história da industrialização brasileira. Desde o início do processo de industrialização, essa frente da estrutura produtiva do país desempenhou um papel fundamental, suprindo ferro e aço à construção de obras de infraestrutura, entre as quais se destacam ferrovias e rodovias, obras de construção civil (Baer: 1967, Moyen: 2007, Dean: 2004), como a nova sede do governo federal em Brasília – a qual foi forjada com aço da CSBM (Moyen: 2007). A indústria automobilística tornou-se um dos principais setores de arranque para a siderurgia a carvão vegetal⁷⁸, principalmente para as guseiras, i.e., siderúrgicas cuja linha de produção estendia-se somente até a produção do ferro-gusa (Baer: 1969, Gomes:1983, Diniz: 1981)⁷⁹.

⁷⁸ “O grande impulso proporcionado pelo avanço da indústria automobilística, ao lado das grandes obras do período, foi sem dúvida o principal elemento que sustentou a expansão e a estratégia de crescimento da Belgo-Mineira no período (década de 1950) (...)“Mais de 40% de toda a extensa linha de produtos da Belgo-Mineira tinha, porém, destinação bem longe de Brasília: era insumo fundamental às indústrias paulistas, particularmente as do setor automobilístico (Moyen: 2007).”

⁷⁹ “A implantação da indústria automobilística e os gastos públicos em infra-estrutura asseguravam a demanda siderúrgica, cuja vocação industrial mineira é notoriamente conhecida (Diniz: 1981).”

A instalação da indústria de bens de capital no país, processo que se deu com mais vigor a partir da década de 1970, colocou-se enquanto um importante impulsionador do segmento da siderurgia a carvão vegetal (Diniz: 1981, Gomes: 1983).

No início da década de 1970, um papel de grande relevância foi delegado à siderurgia do carbono vegetal, tanto por conta do comprometimento do governo militar com políticas de crescimento econômico acelerado, como por força da eclosão da crise do petróleo em 1973⁸⁰. A alta do preço do barril do petróleo rapidamente alastrou-se para outros combustíveis fósseis substitutos, entre eles o carvão mineral, fato que fez a biomassa surgir diante da opinião pública brasileira, como opção vantajosa.

O primeiro Plano Siderúrgico Nacional, e posteriormente, o segundo Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), criaram instrumentos para estimular a expansão do setor, construindo, como isso, a base para a consolidação dos setores de bens de capital. Um grupo de estudo foi criado especialmente para elaborar as diretrizes que seriam seguidas para levar o esforço em questão a cabo (Thibau & Azambuja: 1973).

O esforço de industrialização desfavorecia uma decisão apriorística acerca do nível de produção das siderúrgicas a carvão vegetal, uma vez que o poder para tomada desta decisão não as pertencia completamente, sendo detido por atores externos. Isso não somente para o caso das estatais como a ACESITA, mas mesmo para as privadas e/ou transacionais, já que todas elas eram vistas pelo governo como peças fundamentais para a finalização da industrialização. De outro lado, as empresas, naquilo em que a decisão em questão dependia delas, pareciam, conforme apontado na seção prévia, atribuir um maior peso ao lucro não aferido por conta do desvio de capital, de sua atividade-fim, para a formação de plantações, relativamente a perdas eventualmente causadas por manterem-se dependentes de florestas.

Uma maneira interessante de expor essa dimensão do problema sob estudo é recorrendo ao conceito keynesiano de incerteza. As siderúrgicas, no que tange à comercialização de seus produtos-finais, atuavam em mercados que possuíam características irredutivelmente classificáveis como próprias a uma economia capitalista, no sentido dado ao termo por Keynes (1937)⁸¹.

⁸⁰ “ A raíz de la crisis generada y agravada por las cotinuas alzas en los precios del petroleo, la siderurgia a carbón vegetal fue sacada de la oscura posición a que habia sido relegada y fue reconocida como la ‘única vía tecnológica comprobada y económicamente viable, independiente de fuentes energéticas importadas, debiendo por ello constituir su desarrollo el punto básico de la política siderúrgica brasileña (Osse: 1986).”

⁸¹ “By ‘uncertain’ knowledge, let me explain, I do not mean merely to distinguish what is known for certain from what is only probable. The game of roulette is not subject, in this sense, to uncertainty; nor is the prospect of a Victory bond being drawn. Or, again, the expectation of life is only slightly uncertain. Even the weather is

As condições que prevalecem em tais mercados, como níveis de preço, de demanda, competição, são variáveis que carregam, por natureza, um nível de incerteza não desprezível. Isso vale tanto para os mercados internacionais em que as siderúrgicas brasileiras a carvão vegetal atuaram historicamente, como para o mercado interno de produtos siderúrgicos, o qual, desde as primeiras décadas do século XX, mostrava possuir as características de um mercado tipicamente capitalista (Baer: 1969, Gomes: 1983).

Uma vez que as condições sob as quais tal decisão era tomada oscilavam de maneira não-previsível, ou melhor, de maneira incerta, prender-se a um nível de produção, mantendo-o por pelo menos seis anos (o menor período entre os reportados na literatura para o ciclo florestal do eucalipto), afigurava-se enquanto perda de meios para defender-se de condições desfavoráveis, ou para aproveitar condições mais favoráveis do que as a priori previstas.

Chega-se, pois, à conclusão de que, somente se as siderúrgicas a carvão vegetal não estivessem integradas a uma economia capitalista, e mais, em uma economia capitalista em construção, poderiam ter incentivos para manter uma decisão acerca da magnitude de sua produção, tomada com pelo menos seis anos de antecedência.

4.4 Conclusão do capítulo

A promessa do eucalipto para a siderurgia a carvão vegetal não se realizou até a presente data no país que concebeu tal inovação tecnológica. As razões apontadas para isso, na literatura e mesmo entre os atores do setor, são diversas, muitas delas apontando para fatores externos e não controlados diretamente pelas empresas entusiastas de tal via.

No presente capítulo, procuramos levar a termo uma explicação para a resistência em manter a dependência de florestas, revelada pelas siderúrgicas a carvão vegetal, para o contexto específico da Minas Gerais das décadas de 1970 a 1990. O escopo da explicação se restringe à esfera de tomada de decisão de uma siderúrgica, vista individualmente, de modo que os fatores externos a essa perspectiva apenas foram tratados na medida em que influem diretamente sobre variáveis pertencentes ao âmbito do escrutínio.

only moderately uncertain. The sense in which I am using the term is that in which the prospect of a European war is uncertain, or the price of copper and the rate of interest twenty years hence, or the obsolescence of a new invention, or the position of private wealth-owners in the social system in 1970. About these matters there is no scientific basis on which to form any calculable probability whatever. We simply do not know. Nevertheless, the necessity for action and for decision compels us as practical men to do our best to overlook this awkward fact and to behave exactly as we should if we had behind us a good Benthamite calculation of a series of prospective advantages and disadvantages, each multiplied by its appropriate probability, waiting to be summed (Keynes: 1937).”

Quanto a isso, pôde-se, ainda em um nível de abstração alto, destrinchar o problema da auto-suficiência em carvão de eucalipto, em alguns fundamentos lógicos, exercício do qual surgiu um enquadramento sob o qual o estudo da história das siderúrgicas mineiras a carvão vegetal nas décadas de 1970 a 1990, foi organizado.

A análise da persistência do recurso à supressão de matas de alto valor ecológico, mesmo após a consolidação da solução brasileira para o problema siderúrgico de suprimento de termo-redutor, permitiu isolar três determinantes fundamentais:

- (i) as siderúrgicas se comportaram como se atribuíssem maior peso à perda de lucro por conta do desvio, para a formação de plantações, de recursos comumente destinados à suas atividades siderúrgicas, do que às perdas associáveis a manutenção da dependência de florestas;
- (ii) o contexto circundante, de uma economia capitalista em formação, desfavorecia a fixação, com uma antecedência compatível com o ciclo das plantações, do nível de produção e;
- (iii) em uma economia capitalista detentora de abundantes reservas florestais, sendo as condições que atuam, do mercado siderúrgico, para determinar o nível de produção, incertas, é da mesma maneira incerta a auto-suficiência em carvão de eucalipto.

5 SÍNTESE DA REVISÃO HISTÓRICA

No capítulo 11 da “Teoria Geral do Emprego, do Juro e da Moeda”, Keynes assenta as bases de sua teoria referente a como a decisão de investimento é tomada pelos portadores de capital (Keynes: 1936). Desponta entre tais bases a noção de que o critério levado em conta para decidir por uma aplicação consiste na comparação do fluxo de rendimentos líquidos que se espera obter a partir dela com um fluxo de rendimento que sintetiza as demais oportunidades de aplicação. Esse último fluxo “sintético” é escolhido pelo autor como sendo dado pela magnitude da taxa corrente de juros, a qual representaria o rendimento que se pode obter aplicando-se em ativos financeiros, como ações, títulos de dívida, debêntures, etc. Não há dúvida, portanto, que o fluxo efetivo de rendimentos associado a cada uma das aplicações de capital, tal como concebido por Keynes na teoria geral, é algo desconhecido a priori, cuja efetivação projeta-se para o futuro (Keynes: 1936)⁸². Para o autor, os portadores de capital formam, para escolher por uma aplicação, uma expectativa acerca do que virá a ser o fluxo de rendimento efetivo, formulada a partir das informações de que dispõem (Pasinetti:1997). Para tornar mais precisa a interpretação da teoria da tomada de decisão pelo investimento de Keynes, propõe-se a representação a seguir.

Duas são as opções que se colocam ao detentor de capital: dirigir seu capital para uma aplicação inovadora, opção que será denominada de “trajetória alternativa” e; não dirigir seu capital a esta aplicação, mantendo-se, pois, na “trajetória convencional”. Focando-se em um problema de escolha por sistemas alternativos de produção, ou simplesmente, “pacotes tecnológicos”, supõe-se que a escolha pela trajetória alternativa pressupõe um investimento de magnitude I_A e a manutenção da trajetória convencional, uma inversão de magnitude I_C . A cada uma das aplicações, associa-se um fluxo de lucros prospectivo, o qual será denotado pelo termo “pay-off” - próprio à área da teoria econômica conhecida por teoria dos jogos - para simplificar a linguagem. Já está deduzido desta magnitude o valor do investimento (I_A ou I_C). O passo lógico fundamental sugerido pela contribuição de Keynes é o de que cada um desses *pay-offs* é desconhecido no momento em que a escolha por cada uma das trajetórias se coloca, de modo que o tomador de decisão não tem outra alternativa a não ser formar uma expectativa para o *pay-off* que espera obter de cada uma das opções. Seja $E_t[\pi_{C,T}]$, a expectativa formada,

⁸² “The reader should note that the marginal efficiency of capital [trata-se da taxa de capitalização que faz com que o fluxo prospectivo de renda se iguale, em valor presente, ao custo de aquisição do ativo em que se investe] is here defined in terms of the *expectations* of yield and of the *current* supply price of the capital-asset. It depends on the rate of return expected to be obtainable on Money if it were invested in a newly produced asset; not of the historical result of what an investment has yielded on its original cost if we look back on its record after its life is over (Keynes: 1936, cap.11, grifos presentes no original).”

no instante de tomada de decisão (representado por t), acerca do *pay-off* prospectivo gerado pela trajetória convencional, $\pi_{C,T}$, e $E_t[\pi_{A,T}]$, a variável análoga para a trajetória alternativa. A letra “T” refere-se ao período no tempo em que o *pay-off* gerado terá sido totalmente colhido – lembrando-se que trata-se de uma série de rendimentos e não de um rendimento pontual. A regra de decisão sugerida pela leitura do capítulo 11 de Keynes (1936) – ou pelo princípio de aplicação do capital da maneira mais lucrativa concebível, conhecido pelo menos desde Smith (1776) -, é a seguinte:

Se $E_t[\pi_{C,T}] \geq E_t[\pi_{A,T}] \rightarrow$ mantém-se a trajetória convencional

Se $E_t[\pi_{C,T}] < E_t[\pi_{A,T}] \rightarrow$ passa-se à trajetória alternativa

Como se deseja assinalar com a notação, a decisão por cada um dos conjuntos tecnológicos é função da percepção daquele que detém o poder de decisão, acerca de quanto se poderá ganhar, em termos monetários, com a aplicação em cada uma deles. Esta representação se adéqua de maneira consistente e iluminadora à revisão da história da siderurgia mineira a carvão vegetal empreendida nos três capítulos precedentes. É preciso demonstrar.

Como primeiro passo lógico, assinala-se que as siderúrgicas para as quais as plantações de eucalipto se mostraram uma fonte de carbono com participação relevante em seu consumo de termo-redutor, foram as que levaram mais adiante programas de pesquisa e desenvolvimento em carbonização (Rosillo-Calle et al: 1996). Trata-se de algo depreensível da análise, feita no terceiro capítulo, da evolução das tecnologias de carbonização. O incentivo imposto pelo custo de geração da biomassa, o qual inexistia quando a exploração de florestas prevalece em absoluto, revelou-se historicamente, portanto, um estímulo forte o bastante para favorecer o aproveitamento máximo deste recurso.

A questão de transição para um modelo de siderurgia a carvão vegetal de cultivo e aproveitamento máximo de biomassa pode ser reduzida, de acordo com os resultados da análise histórica, à questão de transição para um modelo caracterizado pelo cultivo de biomassa. Sob tal simplificação, o segundo passo lógico consiste em aplicar a roupagem da interpretação da teoria do investimento de Keynes proposta, ao problema ora sob consideração. Entendendo a auto-suficiência em carvão de eucalipto como trajetória alternativa, e a manutenção do consumo, em qualquer grau não-desprezível, do carvão de biomassa florestal, como trajetória convencional, a persistência deste último horizonte pode ser explicada pela crença em sua superioridade pecuniária prospectiva. I.e., a percepção de

que o fluxo de lucros gerado pela trajetória alternativa seria superior ao gerado pela trajetória convencional, nunca foi predominante entre as siderúrgicas mineiras a carvão vegetal.

Poderia-se, quanto a isso, dizer que essa percepção correspondia à realidade, ou seja, que a obtenção de todo o termo-redutor por meio do cultivo de plantações sempre foi mais custoso do que a exploração de florestas. A resposta a essa tentativa de reduzir o argumento elaborado a uma mera obviedade, é, mais uma vez, sugerida pelo estudo da história – esse é o terceiro passo lógico. Não necessariamente as florestas foram, em todos os momentos, a opção de menor custo, ou melhor, de maior rentabilidade, para uma siderúrgica a carvão vegetal. As ocasiões em que as reservas florestais locais revelaram-se enquanto fatores limitantes a tal atividade foram recorrentes, como se observa no capítulo 4. Essa ameaça sempre esteve presente àqueles que insistiram em recorrer a tais reservatórios de carbono. E isso mesmo para as siderúrgicas integradas, as quais possuíam reservas próprias de florestas – conforme apontado no capítulo anterior, esse foi um dos fatores principais na transição dessas empresas para uma situação de consumo parcial de biomassa cultivada. Os fundamentos dessa ameaça são (i) o fato aludido no primeiro capítulo, de que a “renovabilidade” desta fonte de biomassa é algo possível apenas dentro de certos limites e; (ii) a tendência, detectada no quarto capítulo, das empresas siderúrgicas a não seguirem a “regra de Oliveira”, i.e., não pautarem a fixação do nível de produção pela disponibilidade de biomassa.

Efetivando-se a ameaça, o *pay-off* efetivamente pago pela trajetória convencional sofreria uma brusca redução. É o que sugerem documentos que, como aquele do qual foi retirado o excerto a seguir, registram a paralisação de alto-fornos por conta da escassez de biomassa (cabe citar Moyen: 2007, páginas 78-81, para o caso da CSBM, e FJP: 1979, para o caso das siderúrgicas independentes).

“A falta de carvão vegetal em Minas Gerais já gerou a queda na produção de ferro-gusa em 50 mil toneladas, causando um prejuízo de US\$ 7 milhões (...). O gerente comercial da Fertimetal SA [uma siderúrgica independente], Roberto Trindade Drumond, disse que a falta de carvão se dá exatamente pela falta de reflorestamento, uma vez que as empresas que não plantam estão consumindo o carvão nativo. (...) Ao concluir Roberto Trindade (...) destaca que a siderúrgica pretende continuar plantando o eucalipto para que no futuro ‘nós tenhamos onde retirar o carvão’ (Rio Doce: 1989).”

Assim como havia sido sugerido na introdução ao estudo, não é possível invocar a versão mais elementar da racionalidade econômica, qual seja a de maximização do ganho pecuniário no curto prazo, para explicar porque se continuava a recorrer a florestas. Nenhum dos cálculos de custo encontrados na literatura consultada (CAF-CSBM: 1985, Thibau & Azambuja: 1973, Osse: 1971) incorporam, nas magnitudes com base nas quais confrontam o carvão de eucalipto e o carvão de floresta, uma medida que capte o risco de esgotamento da fonte de biomassa do qual o último é retirado. Daí mais um indicador do descaso reinante para com a finitude dos recursos florestais. Quanto a isso é preciso assinalar que seria impossível chegar uma medida de tal natureza que captasse a perda efetiva, dado que o evento cujo impacto tenta-se prever é incerto, no sentido de Keynes. Tal como se deu concretamente no século XVII na Inglaterra (Hammersley: 1973) e nos séculos XVII e XIX na Suécia (Heckscher:1954), na França (Pounds: 1957) e nos Estados Unidos (Schallenberg & Ault: 1977), a possibilidade de uma alta do preço do carvão, gestada pela exaustão da reserva florestal, teria como fundamento pressões sobre a floresta impostas por múltiplos setores econômicos. A siderurgia era somente um dos que continuava apostando em um futuro de abundância de recursos florestais.

O que todas essas observações nos levam a concluir é que as siderúrgicas mineiras a carvão vegetal mantiveram-se, sistematicamente e predominantemente, crenes em que uma perda imposta pela escassez de biomassa florestal, não seria grande o bastante para compensar as perdas que teriam investindo seu capital para protegerem-se, definitivamente, da exposição aos fatores geradores daquela perda. O que significava, neste último caso, aplicar o capital na construção daquela que se denomina trajetória alternativa.

Eis o fundamento que sintetiza a história do setor, revista nos três capítulos precedentes.

Trata-se de eleger como pedra de toque uma concepção revelada pelo estudo do comportamento de atores sociais concretos em seu processo de tomada contínua de decisão. Com isso, a análise distancia-se da abordagem hipotético-dedutiva da teoria econômica, em que os tomadores de decisão ou “agentes” não são mais do que meros conjuntos de premissas comportamentais genéricas e imutáveis. O que se tem é um exercício mais próximo ao desenvolvido por autores da sociologia econômica, como Fligstein (1997) e Hoffman (2001), os quais se debruçaram sobre a história de empresas concretas para chegar a fundamentos lógicos que permitissem sintetizá-la.

Uma vez atingido o objetivo da revisão histórica, pode-se partir para uma análise da siderurgia mineira a carvão vegetal em seu momento atual. É o que será feito no próximo

capítulo, elegendo-se, para isso, como tema, o problema de transição para uma trajetória alternativa à de plantações de eucalipto de larga escala. Este último modelo é o que vem sendo adotado pelas siderúrgicas que chegaram mais perto de atingir a meta de auto-suficiência em carvão de biomassa cultivada.

6 SÉCULO XXI: O FOMENTO FLORESTAL ENQUANTO TRUNFO

6.1 Introdução

Não há dúvida que a difusão da solução brasileira para o problema de suprimento de termo-redutor é um importante passo na direção da construção de uma relação mais amigável entre siderurgia a carvão vegetal e natureza. Não obstante, os avanços até então realizados nessa direção não foram suficientes para proteger o setor de críticas de fundamento socioambiental – a leitura de Dean (2004) demonstra que isso é uma realidade desde a primeira década do século XX⁸³. Talvez a mais interessante entre elas seja a referente a ínfima biodiversidade dos plantios maciços e contínuos de eucaliptos, o que se pode traduzir em uma ameaça ao equilíbrio ecossistêmico local (Guerra: 2008, Rosillo-Calle et al: 1996).

Siderúrgicas integradas, como Vallourec & Mannesmann e Plantar Siderúrgica S.A. mantêm corredores de flora e fauna nativa, entre áreas de plantações, para amenizar a ameaça referida. Não obstante, os maciços de eucaliptos vêm sendo criticados não somente por sua baixa biodiversidade, mas também pela concentração de terras a que favorecem. Historicamente, o Brasil foi um país em que os usos econômicos do solo foram organizados em grandes fazendas monocultoras, o que desencadeou um processo de concentração de propriedades fundiárias nas mãos de poucos. Não é portanto, surpreendente, que as plantações de eucalipto de larga escala despertem um debate acalorado (Gonçalves: 2006, Fanzeres & Alves: 2005).

Ganha destaque um modelo alternativo de cultivo, o qual se fundamenta no estabelecimento de laços de cooperação produtiva com a comunidade local. Trata-se do fomento florestal, um acordo entre as siderúrgicas (ou seus respectivos serviços florestais) e proprietários fundiários propensos a envolverem-se na eucaliptocultura - segundo Rosillo-Calle & Bezzon: 2000, modelos cooperativos de tal gênero foram testados em Minas Gerais, pela primeira vez, na década de 1960. A pulverização das “minas de lenha”, em diversas propriedades, característica básica de um tal arranjo, se mostra, ao menos potencialmente, como solução tanto para a homogeneização da paisagem, como contraponto à tendência, socialmente enraizada, de concentrar terra.

⁸³ Dean (2004), autor de uma obra crítica acerca da devastação da Mata Atlântica brasileira, rebate críticas às plantações industriais de eucalipto: “Curiosa forma de xenofobia se voltava contra esse ‘invasor estrangeiro’ [o eucalipto] – uma alcunha jamais aplicada ao café ou aos cítricos, ou mesmo ao pinheiro. No início dos anos 80, contudo, haviam-se acumulado dados de campo e experimentais no Brasil e no exterior demonstrando que nenhum dos preconceitos populares quanto ao eucalipto eram verdadeiros. Ele não requeria mais água que qualquer outra espécie de crescimento rápido. Não empobrecia o solo, mas, ao contrário, como outras espécies arbóreas, reciclava nutrientes, acumulava húmus, aumentava o intercâmbio de cátions e melhorava as qualidades mecânicas do solo. Os nutrientes eram de fato retirados das plantações de eucalipto pela alta rotatividade das colheitas, mas isso é verdade para qualquer monocultura. O eucalipto, como muitas outras espécies, emitia substâncias – terpenos e fenólicos – que inibiam o crescimento de concorrentes, mas a vegetação rasteira também crescia em eucaliptais. Reduzida era a caça encontrada nos eucaliptais, também por tratar-se de monocultura. Quando se deixava brotar a vegetação rasteira, surgiam também animais selvagens (Dean: 2004).”

Como é apontado por observadores e estudiosos ao avaliarem as possibilidades de expansão, no âmbito siderurgia a carvão vegetal, do fomento florestal, o êxito em tal direção dependerá da real capacidade desta via para mostrar-se economicamente vantajosa.

Levando em conta esse contexto, o objetivo do presente capítulo é determinar se, no estado atual do setor mineiro, existem evidências suficientemente precisas para concluir pela inviabilidade do cultivo de eucalipto em pequena escala, sob um regime de fomento florestal.

Para isso considerará-se a segmentação do processo de produção de carvão vegetal em cinco etapas ou fases de produção, sendo elas: (i) cultivo de plantações de eucalipto, (ii) colheita ou conversão das plantações de eucalipto em lenha, (iii) transporte da lenha para a unidade de produção de carvão; e, finalmente, (iv) carbonização ou transformação da lenha em carvão.

Cada uma dessas fases de produção pode ser organizada de maneiras distintas, e não é raro encontrar atualmente em Minas Gerais diferenças consideráveis entre as soluções empregadas pelos produtores de carvão vegetal. Retomando a nomenclatura utilizada nos capítulos 1 e 2, uma maneira específica de organizar a execução de cada uma das fases produtivas será denominada de “método de produção”, e, o conjunto composto por uma combinação de métodos, um para cada fase produtiva, será dito “sistema de produção”. Serão analisadas as alternativas predominantemente adotadas na produção de carvão integrada a siderúrgicas consumidoras, alternativas essas que podem ser classificadas em quatro categorias sintéticas, indicadas pela enumeração a seguir.

1. Sistema de carvoejamento de larga escala e cultivo de larga escala integrado: adotado geralmente pelas siderúrgicas produtoras de aço (integradas), trata-se da situação em que se adotam fornos retangulares de carga e descarga mecanizada, cada um deles com capacidade produtiva de 30 toneladas de carvão por rodada, em média, de modo que a capacidade instalada de uma unidade de produção de carvão vegetal seja de 20.000 a 50.000 toneladas/ano. Já as plantações de eucalipto se caracterizam por possuírem uma área de colheita anual não menor do que 1.000 ha, sendo cultivadas por empresas integradas às siderúrgicas (subsidiárias prestadoras de serviços florestais);
2. Sistema de carvoejamento de pequena escala e cultivo de larga escala: adotado majoritariamente pelas siderúrgicas independentes, caracteriza-se pelo emprego de fornos circulares, com capacidade produtiva de 3 toneladas de carvão por rodada, em média, de modo que a capacidade instalada de uma unidade de produção de carvão vegetal seja de, no máximo, 10.000 toneladas/ano. A silvicultura do eucalipto organiza-se da maneira descrita em 1.
3. Sistema de carvoejamento de larga escala e cultivo de pequena escala fomentada: adotado pelas siderúrgicas integradas. As plantações de eucalipto são realizadas em propriedades de terceiros, os quais são contratados pelas empresas produtoras de carvão, de modo a que as duas contrapartes compartilhem os custos de produção. A lenha é adquirida junto ao

fazendeiro pela empresa por um valor do qual geralmente se abate pelo menos parte dos dispêndios produtivos financiados pela primeira. A área de colheita anual é de 40 ha em média, ao longo dos casos para os quais foi possível obterem-se informações.

4. Sistema de carvoejamento de pequena escala e cultivo de pequena escala fomentada: adotado pelas siderúrgicas independentes.

As próximas seções são dedicadas à elaboração de cálculos a partir dos quais se possa julgar a vantagem econômica do fomento florestal, concebendo-o enquanto apenas uma das possibilidades de organização da produção.

6.2 A possibilidade da análise por fases de produção

É possível escrever o custo total médio do carvão vegetal (R\$/tCV) da seguinte maneira:

$$CTM_{i,j} = (CVM_i^C + CFM_i^C)\mu_{i,j}^C + (CVM_k^H + CFM_k^H)\mu_{i,j}^H + CTM_{i,j}^{TL}\mu_{i,j}^H + (CVM_j^K + CFM_j^K)\mu_{i,j}^K + CTM_j^{TCV}\mu_{i,j}^K \quad (1)$$

Em que:

i ≡ índice referente ao método de silvicultura: “1” indica o método de larga escala integrada e “2” o método de pequena escala fomentada;

j ≡ índice referente ao método de carbonização: “1” indica o método de larga escala e “2” indica o método de pequena escala;

C, H, K ≡ sobrescritos referentes à fase de produção: “C” indica a fase de cultivo, “H” indica a fase de colheita e “K” indica a fase de carbonização. Nos esclarecimentos a seguir o sobrescrito “X” será utilizado para representar os três sobrescritos.

$CTM_{i,j}$ ≡ custo total médio atingido pelo esquema de produção composto pelo método de silvicultura i e pelo método de carbonização j [R\$/tCV].

CVM_i^C ≡ Custo variável médio referente ao método i aplicado à fase de cultivo [R\$/ha]

CFM_i^C ≡ Custo fixo médio referente ao método i aplicado à fase de cultivo [R\$/ha]

CVM_i^H ≡ Custo variável médio referente ao método i aplicado à fase de colheita [R\$/m3L]

CFM_i^H ≡ Custo fixo médio referente ao método i aplicado à fase de colheita [R\$/m3L]

CVM_j^K ≡ Custo variável médio referente ao método j aplicado à fase de carbonização (R\$/m3CV)

CFM_j^K ≡ Custo fixo médio referente ao método j aplicado à fase de carbonização [R\$/m3CV]

CTM_i^{TL} ≡ Custo total médio de transporte de lenha (R\$/m3L);

CTM_j^{TCV} ≡ Custo total médio de transporte de carvão (R\$/m3CV);

$\mu_{i,j,k}^C$ ≡ Fator de conversão de hectares em toneladas de carvão vegetal [tCV/ha]

$\mu_{ij}^H \equiv$ Fator de conversão de metros cúbicos de lenha em toneladas de carvão vegetal [tCV/m3L].

$\mu_{ij}^K \equiv$ Fator de conversão de metros cúbicos de carvão vegetal em toneladas de carvão vegetal [tCV/m3CV].

Uma propriedade relevante da equação (1) é a de que o custo médio de execução de uma dada fase de produção (custo variável médio na fase + custo fixo médio na fase), medido em R\$ por unidades do produto gerado na fase (doravante custo em unidades de produto próprio)⁸⁴, somente pode variar com o método adotado para execução da fase em questão. A possibilidade de que a escolha do método para a execução de uma fase redunde em alguma diferença em termos dos custos de execução das demais fases é, portanto, eliminada⁸⁵, estritamente, porém, para os custos medidos em unidades de produto de cada fase.

Se for possível, por meio de hipóteses, garantir que esse resultado pode ser estendido para os custos mensurados em termos de uma unidade comum de medida – no caso, R\$/tCV – o problema de determinação do esquema de produção de menor custo total médio se reduzirá a um problema de determinação dos métodos que geram o menor custo médio em todas as fases de produção.

Um exame da equação (1) leva à percepção de que os únicos canais pelos quais a escolha do método em uma dada fase pode influenciar o custo médio das demais fases, medido este em termos da unidade comum R\$/tCV, são os fatores de conversão. A composição destes é apresentada a seguir⁸⁶.

$$\mu_{i,j,k}^C \equiv 1/(df_{i,k} \cdot dL_i \cdot g_j) \quad (2)$$

$$\mu_{ij}^H \equiv 1/(dL_i \cdot g_j) \quad (3)$$

$$\mu_{ij}^K \equiv 1/(dCV_j)$$

Em que:

$df_i \equiv$ Densidade florestal [m3L/ha]⁸⁷.

$dL_i \equiv$ Densidade da lenha [tL/m3L].

$g_j \equiv$ Taxa de conversão da lenha em carvão vegetal, mensurada em massa, ou seja, o rendimento gravimétrico da carbonização [tCV/ tL].

⁸⁴ R\$/ha para a fase de cultivo, R\$/m3L para a fase de colheita e R\$/m3CV para a fase de carbonização.

⁸⁵ Pondo de outra forma, entre dois esquemas que adotam o mesmo método para uma determinada fase, não haverá qualquer diferença para o custo total médio de execução de tal fase, se este estiver medido em unidades do produto da fase, qualquer que seja o método empregado nas demais fases de produção de carvão vegetal.

⁸⁶ Chegaria-se ao mesmo resultado caso a conversão dimensional dos custos médios de cada fase fosse feita multiplicando-se tais custos pela produção obtida em cada fase, durante o período de, por exemplo, um ano, somando-se os produtos para cada fase (os quais estariam, pois, mensurados em R\$) e dividindo-se o resultado pela produção anual de carvão vegetal (em toneladas).

⁸⁷ A densidade florestal é produto do número de anos ao longo dos quais a plantação do eucalipto é deixada para crescer – ciclo florestal (em anos) - pela taxa de crescimento anual (rendimento florestal).

dCV_j = Densidade do carvão vegetal [tCV/ m³CV]

Para tornar o problema a ser resolvido – de determinação de qual é o esquema de produção de menor custo total médio – separável por fases de produção, supor-se que: (i) a densidade da lenha é a mesma qualquer que seja o método de cultivo empregado, i.e., $dL_i = dL$; (ii) a densidade do carvão vegetal é o mesmo qualquer que seja o método de carbonização empregado, i.e., $dCV_j = dCV$ e; (iii) o rendimento gravimétrico é o mesmo qualquer que seja o método de carbonização empregado, i.e., $g_j = g$;

As duas primeiras hipóteses serão adotadas por fins de simplificação do problema. Já a terceira hipótese está de acordo com o conjunto de dados a que se teve acesso, de modo que é possível afirmar que a suposição de um rendimento gravimétrico idêntico para os métodos de carbonização de pequena e larga escala tem fundamento empírico - vide nota 8 da seção B.1 do anexo B, no apêndice ao final do capítulo.

Sob as hipóteses enunciadas, o sistema de produção de menor custo total médio será o composto (i) pelo subsistema de cultivo que gera o menor custo médio de cultivo; (ii) pelo subsistema de colheita que gera o menor custo médio de colheita e; (iii) pelo subsistema de carbonização que gera o menor custo médio de carbonização. Os custos de transporte, por sua natureza dependentes da configuração espacial da cadeia produtiva, serão levados em conta enquanto fatores a que os resultados obtidos em cada uma das fases apontadas, com exceção da colheita, serão condicionados.

Resta, pois, identificar o método de menor custo médio para cada uma das fases. Quanto a isso deve-se assinalar que a fase de colheita não será submetida à análise comparativa, dado que somente foi possível ter acesso a dados suficientemente detalhados para apenas um método de colheita.

A análise se dividirá, no que segue, em três seções. A primeira dá conta da comparação entre subsistemas de cultivo - pequena ou larga escala -, a segunda ocupa-se dos subsistemas de carbonização e ao final (seção 4) apresenta-se a conclusão.

6.3 Produção de lenha

6.3.1 Condição para a superioridade pecuniária da produção fomentada

A comparação entre o cultivo de eucalipto em extensões de terra contínuas não menores do que 1.000 ha e o cultivo em pequenas propriedades, a partir de contratos de fomento florestal, não é apenas uma comparação de métodos de produção. Trata-se de confrontar uma situação em que uma empresa privada assume todos os custos de produção⁸⁸, o que a atribui direito de

⁸⁸ Não necessariamente todos, já que a empresa pode recorrer a financiamento externo para investir na produção, porém trata-se somente de qualificar a idéia mais simples exposta no texto, a qual permite uma demarcação mais clara da diferença entre fomento florestal e cultivo integrado.

propriedade sobre a receita eventualmente gerada (descontado, é claro, impostos e outras obrigações tributárias), com uma situação na qual uma empresa privada divide com uma contraparte, também privada, tanto os custos e riscos da produção como parte da receita, ou melhor, da economia de recursos⁸⁹. A última expressão não é empregada por acaso: as empresas consumidoras de lenha de eucalipto optaram historicamente e optam pelos contratos de fomento por vislumbrarem a possibilidade de ter acesso ao insumo mencionado, sem que, para isso, precisem adquirir direitos de propriedade sobre a terra. A possibilidade de compartilhamento das despesas produtivas também é um atrativo não ignorável.

O fomento florestal será, portanto, discutido não apenas enquanto alternativa de organização técnica da produção, mas, mais amplamente, enquanto um contrato, firmado entre uma empresa consumidora de lenha e um produtor independente, cujas características fundamentais são:

- (i) O financiamento do investimento necessário para obtenção da lenha é compartilhado entre as contrapartes;
- (ii) As tarefas cuja execução é obrigatória para obtenção da lenha são divididas entre as contrapartes;
- (iii) A empresa contratante constitui a parte interessada na obtenção da lenha;
- (iv) O fazendeiro contratado constitui a parte interessada na obtenção de lucro a partir da produção de lenha;

Assim sendo, é possível dizer que, para que a firmação de um contrato de fomento florestal seja economicamente mutuamente vantajosa, duas condições têm de ser verificadas:

- (i) o cômputo de todas as despesas realizadas, pela empresa, ao longo da vigência do contrato, de modo a garantir-se a obtenção da lenha, tem de ser inferior ao cômputo das despesas que teriam de ser realizadas para que a empresa, sozinha, implantasse, mantivesse e colhesse uma plantação de eucaliptos (situação doravante denominada “produção integrada de lenha);
- (ii) a receita líquida auferida pelo fazendeiro tem de ser não menor do que a receita que o mesmo pode obter empregando sua terra e seus esforços em outra atividade produtiva.

Suporá-se que o custo fixo de cultivo enfrentado pela empresa na produção integrada é dado estritamente pelo dispêndio referente à aquisição do direito de uso da terra (compra de propriedade fundiária ou arrendamento), magnitude a ser representada por “L” ([R\$/ha]). O cômputo das demais despesas enfrentadas na produção integrada de lenha será simbolizado por “F” ([R\$/m3L]). De tal sorte, a condição (i) pode ser formalizada da seguinte maneira:

$$P + F_E < L/df_1 + F \quad (2)$$

Em que:

⁸⁹ Existem, ainda, programas de fomento em que há uma terceira contraparte do setor público (Rocha et al: 2008).

P = preço pago pela empresa pela aquisição de lenha junto ao fazendeiro, no contexto do fomento florestal [R\$/m3L];

F_E = Porção do financiamento do investimento na produção de lenha coberto pela empresa, no contexto do fomento florestal [R\$/m3L];

Em que se incluiu o fator de conversão que permite transformar o custo do fator terra em R\$/m3L (df_i).

df₁ ≡ densidade florestal das plantações no contexto de plantações integradas [m3L/ha];

A segunda condição para o contrato de fomento, enunciada anteriormente, pode ser escrita da seguinte maneira, sendo “A” a maior receita líquida anual obtível a partir do emprego de sua terra em outras atividades ([R\$/ha]) e “F_F” a magnitude do investimento na produção de lenha financiada pelo fazendeiro ([R\$/m3L])⁹⁰:

$$(P - F_F) df_2 > A \quad (3)$$

Sempre que os valores assumidos pelo preço da lenha e pelas variáveis que determinam o custo de produção deste insumo forem tais que as condições (1) e (2) sejam simultaneamente verificadas, as duas contrapartes terão vantagem pecuniária em estabelecer um contrato de fomento. Resolvendo ambas as equações para “P”, obtém-se:

$$P < L / df_1 + F - F_E \equiv P_{\max} \quad (2')$$

$$P > A / df_2 + F_F \equiv P_{\min} \quad (3')$$

Essas inequações nos dizem algo óbvio (tautológico, na verdade): o preço pago pela lenha não pode estar acima do patamar no qual a empresa contratante estaria indiferente entre produzir sua própria lenha e obtê-la via fomento, e nem abaixo do preço pelo qual o fazendeiro fica indiferente entre um contrato de fomento e outra aplicação lucrativa de sua terra. É possível desmembrar o sistema composto por (2') e (3') em três condições, as quais são, individualmente, apenas condições necessárias para tal satisfação. São elas:

$$P_{\min} < P_{\max} \quad (c1)$$

$$P < P_{\max} \quad (c2a)$$

$$P > P_{\min} \quad (c2b)$$

Supondo que o preço de venda da lenha é estabelecido de modo a satisfazer simultaneamente as condições (c2a) e (c2b), a vantagem mútua depende apenas da satisfação de (c1).

⁹⁰ Não é preciso incluir o custo do fator terra para o fazendeiro. Os custos suportados pelo fazendeiro somente importam, ao menos no presente capítulo, para efeito de determinação do preço mínimo imputado à lenha pelo qual seria vantajoso para o fazendeiro participar do programa de fomento. Uma vez que esse preço mínimo é aquele que faz o fazendeiro indiferente entre o plantio fomentado e outro emprego lucrativo de sua terra, o custo de contratação do fator terra não desempenha qualquer papel na determinação de tal preço, já que se trata de um custo comum às duas possibilidades postas em confronto.

Focará-se, adiante, somente a condição (c1), de modo que a análise se restringirá a determinar sob quais condições (de custos e fatores de conversão), ela é verificada. Denominará-se, doravante, a condição (c1) de “condição de superioridade pecuniária do fomento florestal”. Essa condição será ainda manipulada de modo a reduzir-se a base informacional que sua verificação permite. Quanto a isso, vejamos.

É possível, resolvendo a equação c1 para L, obter o valor para a contratação do fator terra, acima do qual a condição necessária para que o contrato de fomento exista – i.e., seja vantajoso para as duas contrapartes – é verificada. Trata-se da seguinte condição:

$$L > [P_{\min} - (F - F_E)] df_1 \equiv L_{\min} \text{ (c3)}$$

Eis a versão da condição (c1) a partir da qual serão determinadas as condições pelas quais o resultado de superioridade pecuniária do fomento florestal é verificado, sem que seja necessário incorporar aos cálculos dados referentes a: (i) o preço pago pela lenha e (ii) o preço pago para contratar o fator terra. Tais dados podem e serão usados apenas para efeito de checagem dos resultados, verificando-se se L_{\min} , P_{\min} e P_{\max} fogem aos patamares correntemente praticados nos programas de fomento florestal que tomam lugar em Minas Gerais.

O raciocínio detalhado até aqui, o qual tem como elementos principais as equações (2'), (3') e a condição (c1), permite reduzir o conjunto de dados de que se necessita para concluir pela superioridade de um dos esquemas de silvicultura frente aos demais. Trata-se de algo relevante principalmente por conta do fato de que tanto o preço pago pela lenha como o preço pago pelo direito de uso da terra são grandezas sujeitas à grande variação, sendo determinadas a nível local. Escapa-se, desse modo, de fazer os resultados reféns de valores sujeitos a críticas cujo fundamento estaria na constatação de sua natureza conjuntural, caminhando-se, portanto, para uma solução mais geral do problema.

6.3.2 Captando o compartilhamento dos dispêndios entre as contrapartes

As equações (2) e (3), anteriormente apresentadas, incorporam os dispêndios realizados por cada uma das contrapartes do contrato de fomento florestal por meio das variáveis F_F e F_E . Estas serão, por sua vez, concebidas enquanto composições dos dispêndios realizados por cada contraparte, no âmbito do contrato mencionado, tal como segue.

$$F_E = CTM_{2,E}^C/df_2 + CTM_{2,E}^H + CTM_{2,E}^{TL} + DTM_{2,E} \text{ (4.a)}$$

$$F_F = CTM_{2,F}^C/df_2 + CTM_{2,F}^H + CTM_{2,F}^{TL} + DTM_{2,F} \text{ (4.b)}$$

Em que:

$CTM_{2,u}^C \equiv$ porção do financiamento do investimento em cultivo assumida pela contraparte u [R\$/ha];

$CTM_{2,u}^H$ ≡ porção do custo de colheita assumida pela contraparte u [R\$/m3L];

$CTM_{2,u}^{TL}$ ≡ porção do custo de transporte de lenha assumida pela contraparte u [R\$/m3L];

df_2 ≡ densidade florestal das plantações no contexto do fomento florestal [m3L/ha];

$DTM_{2,u}$ ≡ porção do montante da dívida referente à contratação de crédito assumida pela contraparte u [R\$/m3L].

O índice u=E representa a empresa contratante

O índice u=F representa o fazendeiro

O passo lógico fundamental consiste na representação dos dispêndios realizados por cada contraparte, na execução de cada uma das fases de produção e no transporte, bem como a dívida assumida por cada um, como proporções do dispêndio total na produção, do dispêndio total no transporte e do montante da dívida, respectivamente. Desse modo poder-se-á explicitar uma das características fundamentais de um contrato de fomento florestal, qual seja o compartilhamento do gasto total necessário à obtenção da lenha entre as contrapartes – assim fazendo, o efeito de diferentes possibilidades de compartilhamento, em termos da alteração da propriedade de superioridade pecuniária, poderá ser quantificado. Para isso, serão levados em conta três princípios de compartilhamento de dispêndios.

(I) Princípio de compartilhamento do investimento em cultivo

O financiamento do investimento em cultivo será concebido da seguinte maneira:

$$CTM_{2,E}^C = \alpha_E^C CVM_2^C \quad (5.a),$$

$$CTM_{2,S}^C = \alpha_S^C CVM_2^C \quad (5.b),$$

$$CTM_{2,F}^C = (1 - \alpha_E^C - \alpha_S^C) CVM_2^C \quad (5.c)$$

Em que:

$CTM_{2,S}^C$ ≡ Porção do custo total de cultivo financiado externamente, i.e., mediante a contratação de crédito ([R\$/ha]);

α_E ≡ Proporção do custo total de cultivo financiada a partir de recursos detidos pela empresa interessada na lenha ([%]);

α_S ≡ Proporção do custo variável de cultivo financiada externamente ([%]), ou seja, por meio da tomada de crédito, algo comum nos programas de fomento florestal de Minas Gerais (Rocha et al: 2008).

CVM_2^C ≡ custo variável médio total de cultivo ([R\$/ha]) no fomento florestal, ou seja, o cômputo de todos os dispêndios realizados para implantar e manter uma floresta de eucalipto, passível de ser convertida em lenha, por meio de um programa de fomento florestal.

Não será suposto, a priori, qualquer princípio de compartilhamento para o financiamento do investimento em cultivo.

(II) Princípio de compartilhamento do custo de colheita e do custo de transporte

No caso dos programas de fomento florestal dos quais se tomou contato no trabalho de campo, o fazendeiro é que arca com os custos de colheita e transporte. Esse princípio de compartilhamento dos custos de colheita e transporte pode ser formalizado do seguinte modo:

$$\begin{aligned} \text{CTM}_{2,F}^H &= \text{CTM}_2^H, \\ \text{CTM}_{2,F}^{\text{TL}} &= \text{CTM}_2^{\text{TL}} \\ \text{CTM}_{2,E}^H &= 0, \\ \text{CTM}_{2,E}^{\text{TL}} &= 0 \end{aligned}$$

(PCII)

(III) Princípio de compartilhamento da dívida

Para os programas com os quais foi possível tomar contato no trabalho de campo, existe uma peculiaridade interessante no que tange ao repagamento do crédito contraído: a empresa fomentadora geralmente paga o juro e desconta o valor equivalente ao principal, convertendo-o em madeira pelo preço de aquisição de lenha fixado, do valor que repassa ao fazendeiro para adquirir a lenha. De tal sorte, é para o fazendeiro que o principal do empréstimo pesa enquanto custo de produção, ou seja, enquanto fator redutor do lucro. Tem-se, pois, que o ônus da dívida se distribui da seguinte maneira entre as contrapartes, supondo-se que o crédito tomado é utilizado estritamente para financiar parte do investimento em cultivo:

$$\begin{aligned} \text{DTM}_{2,E} &= \alpha_s \text{CVM}_2^C [(1+r)^N - 1] / df_2 \\ \text{DTM}_{2,F} &= \alpha_s \text{CVM}_2^C / df_2 \end{aligned}$$

(PCIII)

Em que:

$r \equiv$ taxa de juros ([%]);

$N \equiv$ período ao longo qual incidem juros sobre a soma contraída enquanto crédito no âmbito do programa de fomento florestal ([a]).

6.3.3 A função L_{\min}

Dado que a dispersão da produção da lenha no espaço é tão maior quanto menor for a escala das plantações a partir das quais obtém-se o suprimento, complicações de logística, podem, dedutivamente, levar a um diferencial de custo positivo no fomento florestal, relativamente à alternativa de larga escala integrada.

Uma vez que a especificação do processo de geração do custo de transporte não é objeto do estudo, recorrerá-se a seguinte manipulação. A soma das despesas necessárias à obtenção de lenha por meio da produção integrada, excetuando-se o custo do fator terra – magnitude representada pelo símbolo F – será desdobrada em:

$$F = CVM_1^C/df_1 + CTM_1^H + CTM_1^{TL} \quad (6)$$

Em que:

$CTM_1^C \equiv$ custo variável médio de cultivo na produção integrada de lenha [R\$/ha];

$CTM_1^H \equiv$ custo total médio de colheita na produção integrada de lenha [R\$/m3L];

$CTM_1^{TL} \equiv$ custo total médio de transporte na produção integrada de lenha [R\$/m3L];

$df_1 \equiv$ densidade florestal das plantações no contexto da produção integrada [m3L/ha];

$DTM_{2,u} \equiv$ porção do montante da dívida referente à contratação de crédito assumida pela contraparte u .

A combinação das equações (3'), (4.a), (4.b), (5.a) (5.b), (5.c) e 6, da condição (c.3), dos princípios PCII e PCIII e da hipótese de que os dois métodos de produção de lenha não diferem pelo custo de colheita, permite chegar a seguinte formulação para a condição de superioridade pecuniária do fomento florestal:

$$L > \{ (CVM_2^C/df_2 - CVM_1^C/df_1) + (CTM_2^{TL} - CTM_1^{TL}) + A/df_2 + \alpha_s CVM_2^C [(1+r)^N - 1] / df_2 \} df_1 \\ \equiv L_{\min} \text{ (c.3')}$$

Subsumindo a expressão $CTM_2^{TL} - CTM_1^{TL}$ ao símbolo DT , doravante diferencial de custo de transporte, chega-a:

$$L > \{ (CVM_2^C/df_2 - CVM_1^C/df_1) + DT + A/df_2 + \alpha_s CVM_2^C [(1+r)^N - 1] / df_2 \} df_1 \equiv L_{\min} \text{ (c.3'')}$$

Como é perceptível, L_{\min} é uma função linear de A , DT e α_s (supondo as demais variáveis fixas). Representando tal função no plano (L_{\min} , DT) é possível identificar, fixando-se valores para A e α_s , o conjunto de valores de L para os quais o fomento é MPS. Eis o procedimento em que consistirá a análise.

6.3.4 Estimativas

Tabela 6 - Estimativas para os custos variáveis médios por métodos de cultivo e colheita e por contraparte

Cultivo (R\$/ha)			
Método / Patamar	Larga escala integrada	LS modalidade 2 (custo social)	IEF-ASIFLOR (custo social)
Mínimo	4.308,88[1]		1.984,00[3]
Médio (estimação pontual)		5.383,82 [2]	
Máximo	4.748,28[1]		2.776,00[3]
Colheita (CTM) (R\$/m3)			
Mínimo		13,25 [4]	
Máximo		15,96 [4]	

As notas constam no anexo A do apêndice ao capítulo 6

6.3.5 Parâmetros

A tabela abaixo lista os parâmetros a serem adotados, os quais determinam os fatores de conversão (equações 2 e 3).

Tabela 7 - Parâmetros adotados para a conversão das unidades de medida em R\$/tCV

Método/Parâmetro	f (m3L/ha/a)	df (m3L/ha)	dl (tL/m3L) [7]	g (tCV/ tL) [8]	r [9]	N [10]
Silvicultura de larga escala	38 [1]	228 [4]	0,5	0,3	NA	NA
Silvicultura de pequena escala fomentada empresarial	28,4285 [2]	199 [5]	0,5	0,3	9,75%	8
Silvicultura de pequena escala fomentada familiar	21 [3]	147 [6]	0,5	0,3	9,75%	8

As notas constam no anexo B do Apêndice ao capítulo 6

6.3.6 Resultados

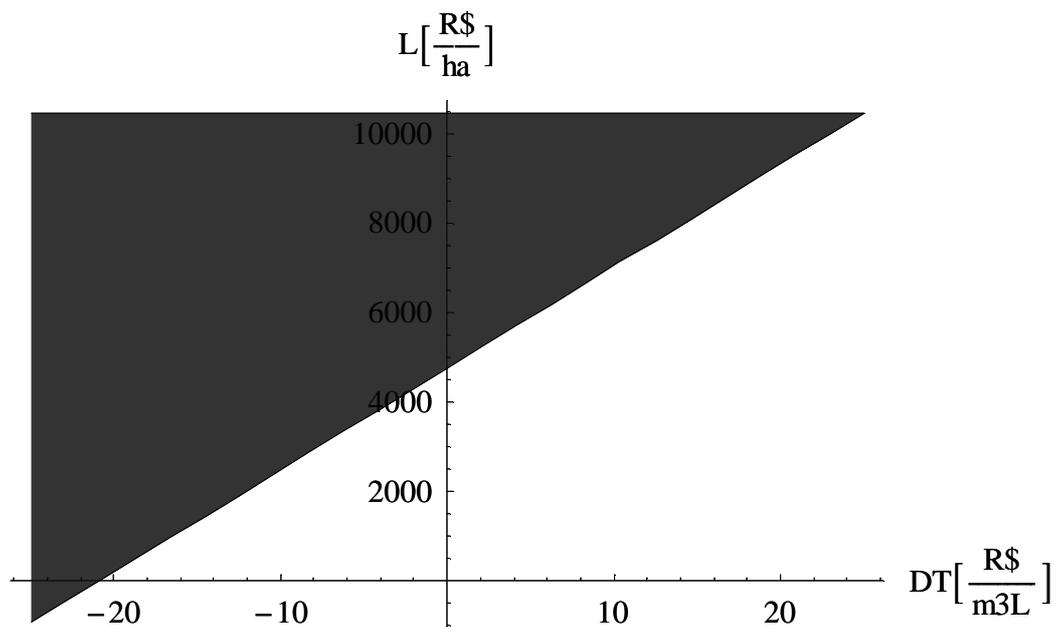


Gráfico 1 - Conjunto de pontos no plano $\{DT, L\}$ para os quais o subsistema de cultivo de pequena escala fomentado é pecuniariamente superior (área hachurada), na situação em que:

$$\{CVM_1^C; CVM_2^C; \alpha_S; A\} = \{R\$4.308,88/ha; R\$5.383,82/ha; 0,1; 0\}.$$

O gráfico 1 indica as combinações do custo do fator terra e do diferencial de custo de transporte possíveis para que o subsistema de pequena escala fomentado mostre-se pecuniariamente superior ao concorrente. Trata-se do caso em que o custo total médio de cultivo é maior no primeiro subsistema do que no segundo ora apontado (larga escala).

Como é visível, para o caso em que não há diferencial de custo de transporte, o custo de acesso ao fator terra tem de ser maior do que R\$4.700, de modo a que o subsistema fomentado seja pecuniariamente superior.

A elevação da proporção do custo total de cultivo financiada por meio da contração de crédito (α_S) tem como efeito a ampliação do valor mínimo do custo do fator terra para cada valor do diferencial do custo de transporte. O gráfico 2 abaixo ilustra esse princípio: o aumento de α_S induz a um deslocamento para cima do conjunto de pontos em que a superioridade pecuniária do subsistema de pequena escala fomentada está garantida.

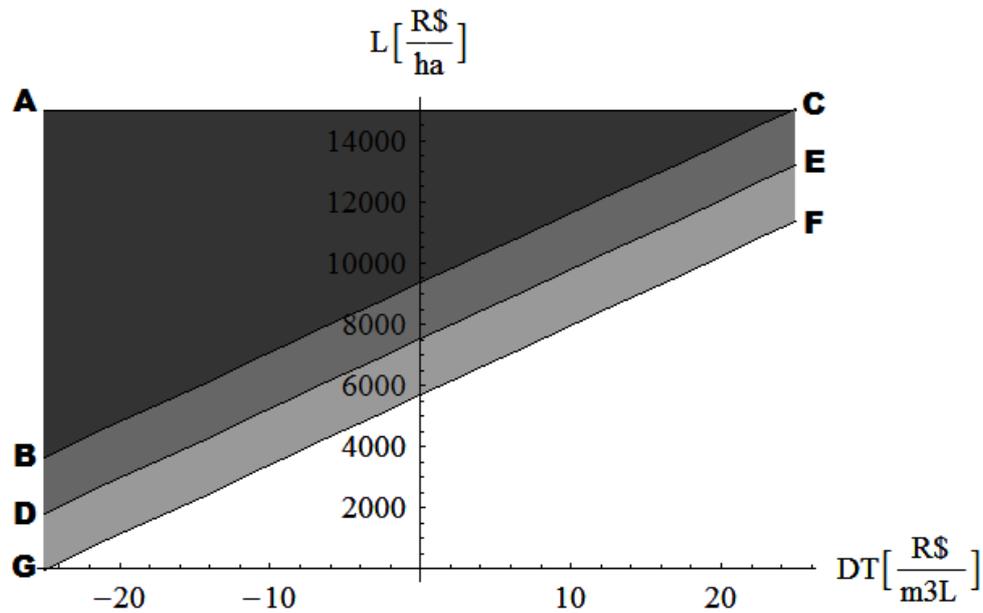


Gráfico 2 - Efeito da elevação de α_s no conjunto de pontos do plano $\{DT, L\}$ para os quais o subsistema de cultivo de pequena escala fomentado é pecuniariamente superior. Tem-se que: $\Delta_{ABC}: \alpha_s=0,6$; $\Delta_{ADE}: \alpha_s=0,4$; $\Delta_{AGF}: \alpha_s=0,2$ E trata-se da situação em que: $\{CVM_1^C; CVM_2^C; A\}=\{R\$4.308,88/ha; R\$5.383,82/ha; 0\}$.

O custo de oportunidade do fazendeiro (A) gera o mesmo efeito ora observado – i.e., de deslocamento para cima do conjunto de pontos no plano $\{DT, L\}$ para os quais o subsistema de cultivo de pequena escala fomentado é pecuniariamente superior – porém em uma magnitude consideravelmente menor. O gráfico 3 ilustra essa evidência.

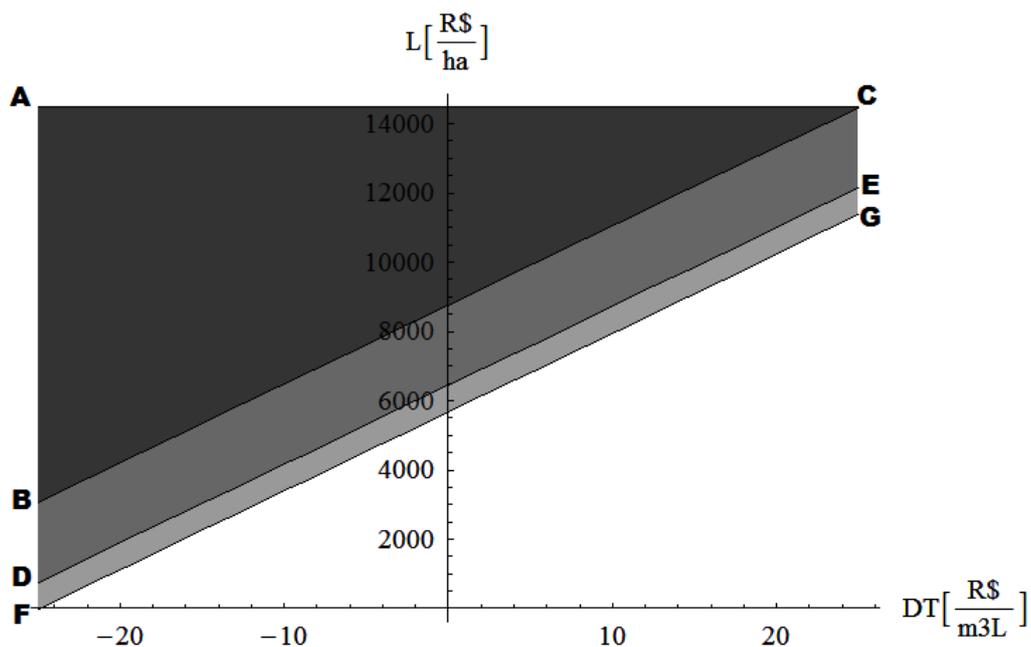


Gráfico 3 - Efeito da elevação de A no conjunto de pontos do plano $\{DT, L\}$ para os quais o subsistema de cultivo de pequena escala fomentado é pecuniariamente superior. Tem-se que: Δ_{ABC} : $A=R\$2.000/ha$; Δ_{ADE} : $A=R\$500/ha$; Δ_{AGF} : $A=0$. E trata-se da situação em que: $\{CVM_1^C; CVM_2^C; A\}=\{R\$4.308,88/ha; R\$5.383,82/ha; 0\}$.

A comparação dos gráficos 1 e 4 (abaixo) leva à percepção de que, quanto menor for o custo total médio de cultivo no subsistema de pequena escala fomentado em relação ao valor assumido por tal custo no subsistema de larga escala, menor tem de ser o custo mínimo do fator terra para que, para um mesmo diferencial de custo de transporte, prevaleça o resultado de superioridade pecuniária do subsistema mencionado.

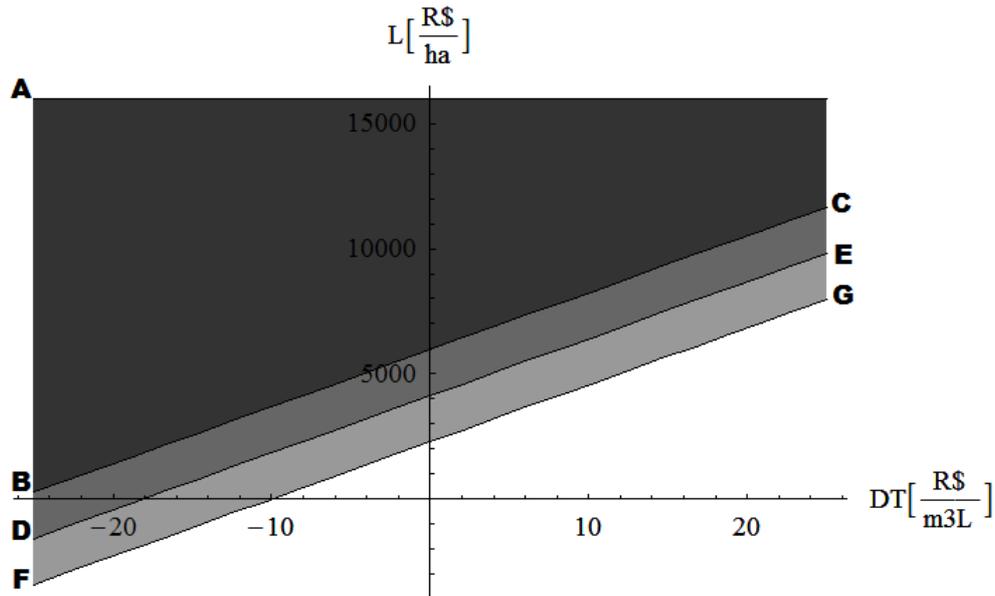


Gráfico 4 - Conjunto de pontos no plano $\{DT, L\}$ para os quais o subsistema de cultivo de pequena escala fomentado é pecuniariamente superior (área hachurada), na situação em que:

$$\{CVM_1^C; CVM_2^C; \alpha_S; A\} = \{R\$4.308,88/ha; 0.6CVM_1^C; 0,1; 0\}.$$

De qualquer maneira, fica demonstrada a possibilidade de que o subsistema de pequena escala fomentado revele-se pecuniariamente superior para as duas contrapartes, empresa consumidora de lenha e fazendeiro produtor de lenha, do que a alternativa concorrente para cada um (subsistema de larga escala integrado, no caso da empresa, e emprego da terra em outros usos, para o fazendeiro). E isso mesmo no contexto em que o custo total médio de cultivo é maior em tal subsistema.

6.4. Carbonização

6.4.1 Especificação do problema

Para determinar qual dos dois subsistemas de carbonização apresenta o menor custo total médio, tomará-se por base, de acordo com o estabelecido na equação (1''), a seguinte equação:

$$CTM_j^K = [(CVM_j^K + CFM_j^K) + CTM^{TCV}_j] / d_{cv} \quad (8)$$

Em que

CTM_j^K ≡ Custo total médio de carbonização, no subsistema j , incluindo-se o custo de transporte do carvão vegetal ($[R\$/tCV]$);

CVM_j^K ≡ Custo variável médio de carbonização, no subsistema j ($[R\$/m^3CV]$);

CFM_j^K ≡ Custo fixo médio de carbonização, no subsistema j ($[R\$/m^3CV]$);

CTM^{TCV}_j ≡ Custo total médio de transporte do carvão vegetal, no subsistema j ([R\$/m3CV]);

d_{cv} ≡ densidade do carvão vegetal, no subsistema j ([tCV/m3CV]).

j=1, para o subsistema de larga escala e j=2, para o subsistema de pequena escala.

As estimativas a que se pode chegar a partir dos dados colhidos em trabalho de campo ou obtidos da literatura especializada são apresentadas na tabela 8 abaixo. A tabela 9 reporta os parâmetros tomados por base.

Tabela 8 - Estimativas para os custos variáveis médios por método de carbonização

Método / Custo	Larga escala	Pequena escala
Custo variável médio mínimo (R\$/m3CV)	8,49 [5]	9,37 [7]
Custo variável médio máximo (R\$/m3CV)	11,17 [5]	30,00 [7]
Custo fixo médio (R\$/tCV)	12,82 [6]	12,19 [8]

As notas constam no anexo A do Apêndice ao capítulo 6

Tabela 9 - Parâmetros adotados para a conversão das unidades de medida em R\$/tCV (carbonização)

Método/parâmetro	d_{cv} (tCV/m3CV)	Y_{cv} (tCV)
Carbonização de larga escala	0,26 [11]	49.420,80 [12]
Carbonização de pequena escala	0,26 [11]	9.745,16 [13]

As notas constam no anexo B do Apêndice ao capítulo 6

Tabela 10 – Custos totais médios para os dois métodos de carbonização sob exame

Método / Custo	Larga escala (R\$/tCV)	Pequena escala (R\$/tCV)
Custo total médio mínimo (a)	45,47	48,86
Custo total médio máximo (b)	55,78	128,21

(a) Correspondem aos custos variáveis médios mínimos reportados na tabela 4.3.

(b) Correspondem aos custos variáveis médios máximos reportados na tabela 4.3.

A tabela 10 foi obtida a partir da aplicação das estimativas reportadas na tabela 8 à equação (8), corrigindo-se as unidades de medida para um denominador comum em R\$/tCV, por meio da densidade do carvão vegetal registrada na tabela 9.

Uma vez que as formas de organização da carbonização e do transporte do carvão sob consideração levam em conta o contexto em que a empresa interessada no termo-redutor produz para si mesma (produção integrada), a condição de superioridade pecuniária a ser levada em conta é trivial, sendo dada pela inequação abaixo:

$$CTM^K_2 < CTM^K_1 \text{ (c.5)}$$

Ou seja, será dito que o subsistema de pequena escala é pecuniariamente superior, relativamente ao de larga escala, quando gerar um cômputo para o custo de carbonização e de transporte de carvão inferior ao alcançável na alternativa concorrente (larga escala).

Acoplado (8) a (c.5), pode-se chegar a:

$$CTM^{TCV}_2 - CTM^{TCV}_1 < CTM^K_1 - CTM^K_2$$

Em que se faz uso da hipótese de que não há diferença entre a densidade do carvão vegetal gerado por cada um dos dois subsistemas de carbonização. O símbolo CTM_j representa o custo total médio de carbonização ($CVM_j + CFM_j$). Subsumindo $CTM^{TCV}_2 - CTM^{TCV}_1$ ao símbolo DT^{CV} , doravante diferencial de custo de transporte de carvão, tem-se:

$$DT^{CV} < CTM^K_1 - CTM^K_2 \text{ (c.5')}$$

O custo total médio atingido pelo subsistema de pequena escala pode ser escrito em função do custo total médio atingido no subsistema concorrente (larga escala):

$$CTM^K_2 = \alpha CTM^K_1 \text{ (9)}$$

Em que se $\alpha < 1$, vale a situação em que, sob o subsistema de pequena escala, o custo total médio de carbonização é inferior. Já se $\alpha > 1$, o subsistema de larga escala é aquele sob o qual o custo em questão é o menor.

Levando (9) em (c.5''), tem-se:

$$DT^{CV} < (1-\alpha) CTM_2^K \equiv DT^{CV}_{\text{máx}} \quad (\text{c.5''})$$

Trata-se de por o valor máximo do diferencial de custo de transporte de carvão ([R\$/m³CV]) para o qual o subsistema de pequena escala é pecuniariamente superior como uma função do relativo de custo total médio de carbonização referente aos dois subsistemas sob exame. Com base em (c.5'') é possível, portanto, determinar para quais valores de α e de DT^{CV} o subsistema de pequena escala é pecuniariamente superior. Basta, para isso, determinar o conjunto de pontos no plano (DT^{CV}, α) para os quais a condição (c.5'') é satisfeita – i.e., para os quais $DT^{CV} < DT^{CV}_{\text{máx}}$.

6.4.2 Resultados

Tomando-se o valor mínimo do custo total médio de carbonização referente ao subsistema de larga escala, tal como reportado na tabela 10, o gráfico abaixo indica os valores do diferencial de custo de transporte de carvão (DT^{CV}) e do relativo de custo de carbonização (α) para os quais cada um dos subsistemas é pecuniariamente superior.

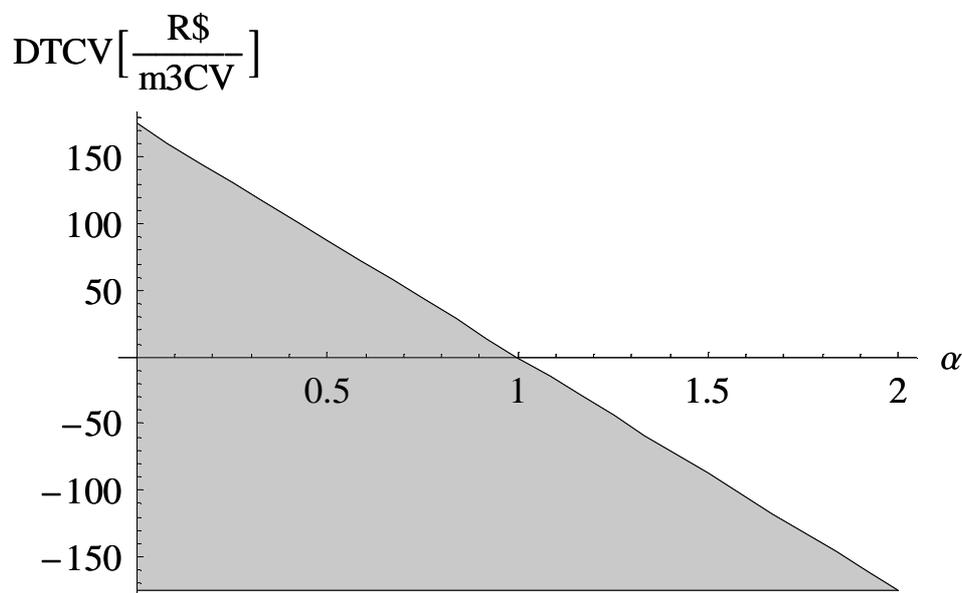


Gráfico 5 - Conjunto de pontos no plano $\{\alpha, DT^{CV}\}$ para os quais o subsistema de pequena escala é pecuniariamente superior (área hachurada), para $\alpha \in [0, 2]$.

Intuitivamente, sendo o custo total médio de carbonização superior sob o subsistema de pequena escala – i.e., vale $\alpha > 1$ -, o diferencial de custo de transporte, para que o subsistema referido seja pecuniariamente superior, tem de ser negativo, de modo a compensar.

6.5 Conclusão do capítulo

O exame dos resultados reportados nas seções 3.6 e 4.2 leva à conclusão de que não necessariamente existem economias de escala na produção de lenha ou no carvoejamento, atividades cruciais para obtenção de um carvão vegetal aproveitável para fins siderúrgicos. Não se pode rejeitar a hipótese de que a organização da produção de carvão a partir do eucalipto, em pequena escala, é economicamente vantajosa para a empresa interessada no termo-redutor. E isso se sustenta mesmo quando se exige que o produtor florestal também retire vantagem de sua participação em tal produção.

Quanto a isso, cabe a ressalva de que a conclusão obtida é função dos dados a que se pôde ter acesso, sendo, portanto, estritamente válida para o contexto atual (2008-2009) prevalecente em Minas Gerais.

Conclusão do estudo

O principal desafio atualmente enfrentado pelas empresas de Minas Gerais que se opuseram aos prognósticos de morte súbita da siderurgia a biomassa, é o de romper com um passado de prejuízos ambientais, o qual pesa sobre elas não apenas por conta de suas contribuições efetivas para isso. A memória dos malefícios gerados por tal modalidade produtiva, na Europa e até mesmo nos Estados Unidos, parece ainda influenciar a opinião pública internacional.

O presente estudo procurou reexaminar como as decisões tecnológicas referentes ao suprimento de termo-redutor foram historicamente tomadas pela siderurgia mineira, em uma tentativa de trazer à tona elementos que auxiliem a compreensão das alternativas que se abrem, na atualidade, para construção de um modelo de siderurgia de baixa de emissão de gases-estufa.

As lições retiradas do estudo desta história são as seguintes:

- (1) A transição para o cultivo da biomassa apresentou, historicamente, como principais entraves o fato de ser uma decisão cuja realização pressupõe:
 - a. um investimento que compete com as aplicações comumente acessadas pelas siderúrgicas, em seu processo individual de acumulação de capital;
 - b. a antecipação da tomada de decisão quanto ao nível de produção em um período compatível com o ciclo das plantações de eucalipto;
- (2) A transição para o aproveitamento máximo da biomassa pressupõe investimentos em pesquisa, desenvolvimento e treinamento dos trabalhadores que, da mesma maneira, competem com as aplicações de capital comumente acessadas pelas siderúrgicas;
- (3) O lock-in em métodos de baixo aproveitamento da biomassa, predominante entre os produtores independentes de carvão vegetal, tem como fundamento o estado de exclusão social em que vivem e o mecanismo mimético por meio do qual o conhecimento necessário à realização do ofício de carbonizador é transmitido;
- (4) Para ambas as transformações, atua como impeditivo a possibilidade de obtenção, sem a necessidade de empate de capital, de um termo-redutor gerado a partir da exploração de mata nativa e do desperdício de biomassa.

Cabe expor com mais detalhe o problema de descolamento do setor siderúrgico a carvão vegetal de florestas, dada a tendência a que a solução deste redunde na correção da tecnologia de carbonização para um padrão de aproveitamento máximo da biomassa.

Duas são as dificuldades impostas pela adoção de uma rota tecnológica em que a fonte primária de carbono resulta de um processo de produção.

Em primeiro lugar, como, em uma sociedade capitalista, não existe produção sem que existam investimentos que a sustentem, tem-se um custo monetário. A concepção de que existe uma tendência do capital, detido por uma empresa capitalista, a fluir para as aplicações que se julgarem mais lucrativas, em um dado instante de tempo, faz parte da ciência econômica há pelo menos três séculos (Blaug: 1997).

Em segundo lugar e da mesma maneira, como a conversão de insumos em produtos, instantaneamente, não é (ainda) tecnologicamente possível, é inevitável que um período de espera se imponha, adiando a extração da biomassa. Quanto a isso, desde pelo menos 1936 – ano em que a “Teoria Geral” de John Maynard Keynes veio a lume (Keynes: 1936) - a teoria econômica é assombrada pelo princípio de que as empresas capitalistas atuam em ambientes de incerteza, desconhecendo, por exemplo, quanto será absorvido no futuro de uma produção sobre cuja magnitude elas têm de decidir hoje. Quanto maior é o período de tempo que separa o momento em que esta decisão é tomada daquele em que poderão ser colhidos seus resultados pecuniários, mais fatores cuja manifestação tornaria vantajosa a revisão da decisão em questão, podem, efetivamente, se manifestar.

Os dois pontos destacados sugerem que o problema de auto-suficiência em carvão de eucalipto não é trivial, diferindo fundamentalmente do problema de auto-suficiência em carvão mineral ou em carvão de floresta. Essa distinção tem como fundamento o fato de que apenas no contexto do primeiro cabe falar em um problema de decisão de investimento, associado à geração de um reservatório de carbono, passível de conversão em termo-redutor siderúrgico.

Daí porque o fundamento lógico a que se pôde subsumir a história do setor sob consideração, é o de predominância, entre as empresas que o compõem, da percepção de que o valor presente descontado do fluxo de lucro prospectivo associado à trajetória alternativa de auto-suficiência em carvão de eucalipto é menor do que o associado à trajetória convencional de manutenção do recurso à reserva nativa de biomassa.

Uma saída para romper com essa crença na inferioridade pecuniária prospectiva da trajetória alternativa é a do arranjo conhecido como fomento florestal. A pulverização dos maciços de eucalipto, uma de suas características fundamentais, o torna interessante, do ponto de vista do equilíbrio ecológico local e defensável quando a concentração da propriedade fundiária se impõe enquanto crítica. Pôde-se mostrar que se trata, em uma diversidade não desprezível de

casos, de uma alternativa pecuniariamente superior à plantação em larga escala, o mesmo podendo-se dizer em relação à atividade de carvoejamento. Tem-se aí um trunfo que poderia inequivocamente ser utilizado como instrumento para reverter a tendência histórica a explorar fontes primárias naturais de carbono.

REFERÊNCIAS

- “#1” (2004) Relatório de Certificação do Manejo Florestal.
- “#1” (2007). Plano de Manejo Florestal.
- “#1” (2008a) Comunicação pessoal com o diretor de manejo florestal de “#1”. 06/05/2008.
- “#1” (2008a). Comunicação pessoal com o diretor do programa de fomento florestal de “#1”. 06/05/2008
- “#1” (2008b) Development Project General Information. Apresentação powerpoint, obtida em 06/05/2008.
- “#1” (2008b) Institutional Presentation. 08/09/2008.
- “#1” (2008b). Programa Produtor Florestal – AMF. Apresentação powerpoint, obtida em 06/05/2008.
- “#1” (2008c) Custos de implantação e manutenção da região Centro Oeste. Planilha de custos, obtida em 08/09 /2008.
- “#1” (2008f) Comunicação pessoal com o diretor de pesquisa e ambiência. 07/05/2008.
- “#1” (2008g) Comunicação pessoal com o diretor de pesquisa e ambiência. 8/09/2008.
- “#1”(2008a) Comunicação pessoal, 06/05/2008.
- “#1”(2008d) Dados técnicos e econômicos das unidades de carbonização de “#1”.Documento obtido em 08/09/2008.
- “#1”(2008e) Comunicação pessoal com o diretor de engenharia de “#1”. 08/09/2008.
- “#2”(2008a) (2006) Clean development mechanism project design document form (CDM-PDD).Version 03 - in effect as of: 28 July 2006.
- “#2”(2008a) (2008) – FSC, Avaliação do manejo das plantações florestais e da cadeia de custódia.
- “#2”(2008b) Comunicação pessoal com o diretor de uma unidade de carbonização de “#2”. 24/05/ 2008.
- “#3” (2008a) – Cartilha de recomendações técnicas: fomento florestal– L5p, Minas Gerais: 2008.
- “#3” (2008b) – Contrato do programa de fomento florestal modalidade 1.
- “#3” (2008c) – Contrato do programa de fomento florestal modalidade 2.

“#3” (2008d) – Comunicação pessoal com o diretor financeiro de “#3” (encarregado da direção do fomento florestal). 18/09/ 2008.

“#3” (2008e) – Comunicação pessoal com o diretor de uma regional de “#3”. 18/09/ 2008.

ABRACAVE (1985) – Anuário estatístico 1985 – Belo Horizonte: ABRACAVE <disponível na biblioteca da Universidade Federal de Viçosa >.

ABRACAVE (1986) – Anuário estatístico 1986 – Belo Horizonte: ABRACAVE <disponível na biblioteca da Universidade Federal de Viçosa >.

ABRACAVE (1987) – Anuário estatístico 1987 – Belo Horizonte: ABRACAVE <disponível na biblioteca da Universidade Federal de Viçosa >.

ABRACAVE (1988) – Anuário estatístico 1988 – Belo Horizonte: ABRACAVE <disponível na biblioteca da Universidade Federal de Viçosa >.

ABRACAVE (1989) – Anuário estatístico 1989 – Belo Horizonte: ABRACAVE <disponível na biblioteca da Universidade Federal de Viçosa >.

ABRACAVE (1990) – Anuário estatístico 1990 – Belo Horizonte: ABRACAVE <disponível na biblioteca da Universidade Federal de Viçosa >.

ABRACAVE (1991) – Anuário estatístico 1991 – Belo Horizonte: ABRACAVE <disponível na biblioteca da Universidade Federal de Viçosa >.

ABRACAVE (1992) – Anuário estatístico 1992 – Belo Horizonte: ABRACAVE <disponível na biblioteca da Universidade Federal de Viçosa >.

ABRACAVE (1993) – Anuário estatístico 1993 – Belo Horizonte: ABRACAVE <disponível na biblioteca da Universidade Federal de Viçosa >.

ABRACAVE (1995) – Anuário estatístico 1995 – Belo Horizonte: ABRACAVE <disponível na biblioteca da Universidade Federal de Viçosa >.

ABRAMOVAY (2008a) - Responsabilidade socioambiental: as empresas no meio ambiente, o meio ambiente nas empresas – In Veiga, J. E. (2009) – Economia Socioambiental – livro a ser publicado pela editora SENAC.

ACESITA-SGS (2007) – Relatório de Certificação do manejo florestal – SGS: 2007.

AÍMOLA, L.M. & PIKETTY, M.G. (2005) – Large Scale Eucalyptus Plantation for Charcoal Production and Exportation. First Phase ULCOS report.

AISI (2001) - Evaluation of Sustainable Steelmaking Using Biomass and Waste Oxides - American Iron and Steel Institute, 2001. [http://eelndom1.ee.doe.gov/OIT/oitpdf.nsf/Files/sustainable_steelmaking.pdf/\\$file/sustainable_steelmaking.pdf](http://eelndom1.ee.doe.gov/OIT/oitpdf.nsf/Files/sustainable_steelmaking.pdf/$file/sustainable_steelmaking.pdf) Acessado em 15/01/2009.

AMELIN, D. (2006) - Kyoto Protocol and the Steel Industry – Apresentação feita no Joint India/OECD/IISI Workshop on Steel New Delhi, India 2006, 16 – 17 May. Disponível em: [http://steel.nic.in/oecd/dsti%20su%20sc\(2006\)18%20eng.pdf](http://steel.nic.in/oecd/dsti%20su%20sc(2006)18%20eng.pdf). Acessado em 15/01/2009.

AMF-SGS (2003) – Forest Management Certification Report – SGS Qualiflor, 2003.

AMF-SGS (2005) – Relatório de monitoramento do manejo florestal – SGS Qualiflor, 2005.

AMJ (2008). Timóteo experience of injection of charcoal. Apresentação Powerpoint. 23 June 2008 [documento colhido em trabalho de campo].

AMJ-SGS (2007) – Relatório de monitoramento do manejo florestal – SGS Qualiflor, 2007.

AMS (2007) - Anuário Estatístico, Associação Mineira de Silvicultura, 2007.

ARAÚJO (2006) – fomento florestal: benefícios para o produtor rural, o meio ambiente, a empresa e a região.ppt presented at Brasília 2006.

ASIFLOR (2009) - Orçamento Global de reflorestamento com Eucalyptus urophylla - Fazenda Tabatinga (Taiobeiras - MG) – Disponível em: www.fazendeiroflorestal.com.br/Custo%20de%20um%20projeto.pdf. Acessado pela última vez em 22/08/2009.

ARTHUR, B. W. (1989) - Competing Technologies, Increasing Returns, and Lock-In by Historical Events - The Economic Journal, Vol. 99, No. 394 (Mar., 1989), pp. 116-131. <disponível no sítio do JSTOR www.jstor.org.br>.

Associação Brasileira de Metais (ABM) (1975) – Siderurgia Brasileira à Carvão Vegetal - São Paulo: Associação Brasileira de Metais.

Associação Brasileira de Metais (ABM, 1975) – Siderurgia Brasileira à Carvão Vegetal - Associação Brasileira de Metais, São Paulo, SP.

BACEN (2009) – Sistema gerenciador de séries: taxa de câmbio – Disponível em: www.bcb.gov.br/?seriestemp. Acessado pela última vez em 22/08/2009.

BACHA, E. (1979) – Crescimento econômico, salários urbanos e rurais: o caso do Brasil – Revista Pesquisa e Planejamento Econômico, 9 (3), pp. 585 a 628, dezembro de 1979.

BAER, W. (1969) – Siderurgia e desenvolvimento brasileiro – Rio de Janeiro, Zahar editores.

BAETA, N. (1973) – A indústria siderúrgica em Minas Gerais – Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro.

BALL, J. (2006) - Europe Prepares for Kyoto Protocol, German Firms Face Emission Caps – Sítio “Common Ground, Common Sense”. September 11, 2006 Page A1. Disponível em: <http://www.commongroundcommonsense.org/forums/index.php?showtopic=62976>. Acessado em 15/01/2009.

BARTON, J. R. (1998) - ‘Aço Verde’: The Brazilian Steel Industry and Environmental Performance – Artigo apresentado no encontro de 1998 da Latin American Studies Association, The Palmer House Hilton Hotel, Chicago, Illinois, September 24-26, 1998. <http://lasa.international.pitt.edu/LASA98/Barton.pdf>. Acessado em 15/01/2009.

BASTOS FILHO, J. G. (2007) - Sistemas JG de formação de unidades pequenas, médias e grandes de produção de carvão vegetal de qualidade metalúrgica – Apresentação Powerpoint, Seminário “Processos de Produção de Carvão Vegetal com Aplicação na Indústria do Aço”, Belém, Pará.

BLAUG, M (1997) – Economic Theory in retrospect – Cambridge: New York : Cambridge University Press.

BIRKINBINE, J. (1883) – The Hematite, Iron Duke, and Lavant Giant Mines, made with a view to the suitability of the locality for the establishment of a charcoal smelting furnace with estimates of the cost of making pig-iron from the ore – Philadelphia, Pennsylvania, USA: Secretary of the American Institute of Charcoal Iron Workers, November, 1883 <disponível no sítio «Internet Archive»>.

BNDES (2009) – Sítio do BNDES: informações sobre o programa PROPFLORA – Disponível em: www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes.../propflora.html. Acessado pela última vez em 22/08/2009.

BORBA (2001) – Carvão Mineral – Balanço Mineral Brasileiro, 2001. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/carvao.pdf>. Acessado em 15/01/2009.

BOVET, A. (1883) – A industria mineral na Provincia de Minas Geraes - Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto, 1883 <disponível na biblioteca do Instituto de Geologia da USP>.

BRASIL (1965) - Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Institui o novo código florestal) – Brasília, DF: Governo Federal.

BRASIL (1965) II Código florestal brasileiro. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil/LEIS/L4771.htm>

BRASIL (1966) - Lei nº 5.106, de 02 de setembro de 1966 (dispõe sobre os incentivos concedidos a empreendimentos florestais) - Brasília, DF: Governo Federal.

BRASIL (1970) – Decreto-lei nº 1.134, de 16 de novembro de 1970 (altera a sistemática de incentivos fiscais concedidos a empreendimentos florestais) - Brasília, DF: Governo Federal.

BRITO, F. R. A. (1994) (org.) - A ocupação do território e a devastação da Mata Atlântica - In de Paula, J. A. (coord.) - Biodiversidade, população e economia: uma região de mata atlântica.- Belo Horizonte: Cedeplar/EMVS/UFMG e PICDT/MCT, 1997.

BRITO, J. O. & BARRICHELO, L. E. G. (1981) – Considerações sobre a produção de carvão vegetal com madeiras da Amazônia – Boletim IPEF – Sér. Téc. Piracicaba v.2 n.5 p. 1 – 25 Mar. 1981.

BRITO, J. O., Laclau, J. P., Riom, M., Quirino, W. (2006) –Le charbon de bois au Brésil – Revista Bois et Forêt des Tropiques, v. 2, nº289.p.60-68.

BROSE, E. D. (1985) - Competitiveness and Obsolescence in the German Charcoal Iron Industry - Technology and Culture, Vol. 26, No. 3 (Jul., 1985), pp. 532-559 <disponível no sítio do JSTOR: www.jstor.org>.

CAF-CSBM (1950) – Mata e lenha para carvoejamento – documento de circulação interna.

CAF-CSBM (1962) – Serviço experimental de carvoejamento: o carvão vegetal para a indústria – Relatório técnico elaborado por Hugo Freire, setembro de 1962, documento de circulação interna.

CAF-CSBM (1985) – Biomassa- documento de circulação interna à CAF-CSBM.

CAF-CSBM (1989) – Evolução tecnológica e plano de metas – Documento de circulação interna.

CAF-CSBM (2009) – Comunicação pessoal com o ex-diretor da empresa das décadas de 1980 e 1990 – 03/06/2009.

CALIXTO, J. S. (2006) – Reflorestamento, terra e trabalho: análise da ocupação fundiária e da força de trabalho no Alto Jequitinhonha, MG. – Lavras : UFLA, 2006.

CASTRO, J. (1965) - Geopolítica da fome: ensaio sobre os problemas de alimentação e de população – São Paulo: Editora Brasiliense, 1965

CASTRO,R.C., Silva,M.L., Leite,H.G., Oliveira, M.L.R.(2007) – Rentabilidade econômica e Risco na produção de carvão vegetal. Cerne, Lavras, v. 13, n. 4, p. 353-359, out./dez. 2007.

CIPOLLA, C.M. (1981) - Before the Industrial Revolution: European Society and Economy, 1000-1700 – Londres: Cambridge University Press.

CONSELHO TÉCNICO DA SOCIEDADE MINEIRA DE ENGENHEIROS (CTSME) (1938) – Siderurgia nacional e exportação de minério de ferro: parecer do conselho técnico da Sociedade Mineira de Engenheiros – Revista Mineira de Engenharia, dezembro 1938.

CSBM (1953) –Sem título – documento publicado pela CSBM <disponível na biblioteca da Faculdade de Ciências Econômicas (FACE) da UFMG, coleção Mineriana >.

CSBM (1955) – Carvão vegetal para a siderurgia – Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, dezembro de 1955 <disponível na biblioteca da Faculdade de Ciências Econômicas (FACE) da UFMG, coleção Mineriana >.

CSBM (1962) – Relatório Anual de 1962 – Belo Horizonte: CSBM. <disponível na biblioteca da Faculdade de Ciências Econômicas (FACE) da UFMG, coleção Mineriana >

CSBM (1971) – Relatório Anual de 1971 – Belo Horizonte: CSBM. <disponível na biblioteca da Faculdade de Ciências Econômicas (FACE) da UFMG, coleção Mineriana >

CSBM (1973) – Relatório Anual de 1973 – Belo Horizonte: CSBM. <disponível na biblioteca da Faculdade de Ciências Econômicas (FACE) da UFMG, coleção Mineriana >

CSBM (1974) – Relatório Anual de 1974 – Belo Horizonte: CSBM. <disponível na biblioteca da Faculdade de Ciências Econômicas (FACE) da UFMG, coleção Mineriana >

CSBM (1980) – Relatório Anual de 1984 – Belo Horizonte: CSBM. <disponível na biblioteca da Faculdade de Ciências Econômicas (FACE) da UFMG, coleção Mineriana >

CSBM (1984) – Relatório Anual de 1984 – Belo Horizonte: CSBM. <disponível na biblioteca da Faculdade de Ciências Econômicas (FACE) da UFMG, coleção Mineriana >

CSBM (1985) – Carvão vegetal para a siderurgia – Belo Horizonte: CSBM <disponível na biblioteca da Faculdade de Ciências Econômicas (FACE) da UFMG, coleção Mineriana >.

CSBM (1994) – Relatório Anual de 1994 – Belo Horizonte: CSBM. <disponível na biblioteca da Faculdade de Ciências Econômicas (FACE) da UFMG, coleção Mineriana >

CONRAD, J. M. (1999) – Resource economics – Cambridge: Cambridge University Press.

CORRÊA, R. M. (1979) – Dados econômicos históricos da siderurgia a carvão vegetal – II Seminário Nacional sobre carvão vegetal. Belo Horizonte: ABRACAVE <disponível na biblioteca do CETEC>.

DALY, H. E. & FARLEY, J. (2004) – Ecological Economics: principles and applications – Washington, U.S.A: Island Press, 2004.

DEAN, W. (2004) – A ferro e fogo: a história e a devastação da mata atlântica brasileira - São Paulo: companhia das Letras.

DINIZ, C. C. (1981) – Estado e capital estrangeiro na industrialização mineira – Belo Horizonte: UFMG/PROED.

DUPRÉ, L. (1885) – Memoria sobre a fabrica de ferro de S. João de Ipanema - Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto, 1885 <disponível na biblioteca do Instituto de Geologia da USP>

ELIAS, C. A. (1961) - Fabricação de carvão vegetal - Rio de Janeiro: SIA <disponível na Faculdade de Farmácia da UFMG >.

EMRICH, W.(1985) – Handbook of charcoal making: the traditional and industrial methods – E.UA: Kluwer Academic Publishers Group.

ESCHWEGE, W. L. (1833) – Pluto Brasiliensis - São Paulo: Companhia Editora Nacional.

ESTEP (2005) – Strategic Research Agenda, a vision for the future of the steel sector - European Steel Technology Plataforma, April 2005. Disponível em: <http://cordis.europa.eu/estep/>. Acessado em 15/01/2009.

ESTEP (2008) – A bridge to the future - European Steel Technology Plataforma, 2008. Disponível em: <http://cordis.europa.eu/estep/>. Acessado em 15/01/2009.

FANZERES, A. & ALVES, R. (2005) - Temas Conflituosos Relacionados à Expansão da Base Florestal Plantada e Definição de Estratégias para Minimização dos Conflitos Identificados - Secretaria de Biodiversidade e Florestas: Ministério do Meio Ambiente.

FAO (1956) - Charcoal from portable kilns and fixed installations – Food and Agriculture Organization, United Nations, Unasyuva - No. 71.

FAO (1964) - Use of charcoal in blast furnace operations – Food and Agriculture Organization, United Nations, Unasyuva - No. 72.

FAO (1987) – Simple technologies for charcoal making - FAO forestry paper 41, Rome: FAO. Disponível em <http://www.fao.org/docrep/X5328e/x5328e00.HTM>. Acessado pela última vez em 01/09/2009.

FAO (2008) – Industrial charcoal production – Relatório de projeto de pesquisa. Roma: FAO. Disponível em http://www.drveniugljen.hr/assets/files/pdf/FAO_Industrial%20charcoal%20production.pdf. Acessado pela última vez em 01/09/2009.

FELICÍSSIMO Jr., J. (1969) - História da siderurgia de São Paulo, seus personagens e seus feitos. São Paulo : Nacional, 1969.

FERRAND, P. A. (1885) – A industria do ferro no Brasil (Provincia de Minas Geraes) - Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto, 1885 <disponível na biblioteca do Instituto de Geologia da USP>

FISCHER, A. (2007) – Incentivos em programas de fomento florestal na indústria de celulose – [Tese de doutorado] São Paulo: FEA-USP.

FISHER, C. (1981) – Resource and environmental economics – Cambridge: Cambridge University Press.

FLIGSTEIN, N. (1993) – The transformation of corporate control – Harvard University Press

FOELKEL (2008) - Pergunte ao Euca Expert: Pergunta nº: 5, densidade da madeira do eucalipto – Eucalyptus online book & newsletter. Disponível em: www.eucalyptus.com.br/eucaexpert/Pergunta%2005.doc. Acessado pela última vez em 22/08/2009.

FRUEHAN, R.J. (2004) – Sustainable steelmaking using biomass and waste oxides - AISI/DOE Technology Roadmap Program Final Report, Carnegie Mellon University, Pittsburgh PA, September 30, 2004.

Fundação João Pinheiro (FJP) (1979) – O setor siderúrgico no estado de Minas Gerais – Belo horizonte: FJP <disponível na biblioteca digital de Minas Gerais >.

FJP (1985) – Diagnóstico, avaliação e perspectivas do sistema produtivo de carvão vegetal: fundamentos sócio-econômicos da produção de carvão vegetal. Belo Horizonte: FJP <disponível na biblioteca digital de Minas Gerais >.

FURTADO, C. (1980). – Formação econômica do Brasil. – 17.ed. São Paulo: Ed. Nacional.

GALE, W. V. K. (1967) – The british iron & steel industry: a technical history – Grã Bretanha: Latimer & Company Limited Plymouth.

GOMES, F. M. (1983) – A história da siderurgia no Brasil – Editora Itatiaia Limitada, São Paulo.

GOMES, F.M.(1982) – A história da siderurgia no Brasil – Editora Itatiaia Limitada, São Paulo.

GONÇALVES, M. T.(2006) – A Formação Da Economia Das Plantações Florestais Nos Vales Do Rio Doce E Do Aço De Minas Gerais (1940-2000): Notas Sobre História Econômica E Ambiental De Uma Região – In: João Antonio de Paula & et alli (ed.), Anais do XII Seminário sobre a Economia Mineira [Proceedings of the 12th Seminar on the Economy of Minas Gerais] Cedeplar, Universidade Federal de Minas Gerais.

GREB, S. F. Eble, C. F. Peters, D. C., Papp, A. R. (2006) - Coal and the environment – Estados Unidos: American Geological Institute.

GUILLOT, A. (1872) - Carbonisation du bois et métallurgie du fer – Paris: bibliothèque scientifique, industrielle et agricole <disponível no sítio «Internet Archive»>.

GUIMARÃES NETO, R. M. (2005) – Avaliação técnica e econômica de um forno container em escala industrial – [Tese de Doutorado] Universidade Federal de Viçosa.

HAMMERSLEY,G. (1973) - The Charcoal Iron Industry and Its Fuel, 1540-1750 - The Economic History Review, New Series, Vol. 26, No. 4 (1973), pp. 593-613

HANSEN, J. (2008) - The threat to the planet: Dark and Bright Sides of Global Warming – Apresentação feita no Cary Hall, Lexington, Massachusetts, Junho 2008. Disponível em: www.forsdick.com/lm/uploads/OnDemand/lexgwac/lexgwac20080601/lexgwac20080601.pdf . Acessado em 15/01/2009.

HARDIN, G. (1968) - The Tragedy of the Commons – Science, vol 162, dezembro 1968.

HECKSCHER, E. (1954) - An economic history of Sweden - Cambridge: Harvard University Press <disponível na biblioteca da FEA-USP>.

HOFFMAN, A. J. (2001) - From Heresy to Dogma: An Institutional History of Corporate Environmentalism. - New Lexington Press.

HOLDREN, J. P. (2008) - Science and Technology for Sustainable Well-Being – Discurso presidencial à American Association for the Advancement of Science, publicado na revista Science, Volume 319, 25 de Janeiro de 2008. Disponível em: <http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/319/5862/424>. Acessado em 15/01/2009.

HOMER-DIXON, T. (2008) – The end of ingenuity – The New York Times, 29 de Novembro de 2006. Disponível em: <http://www.nytimes.com/2006/11/29/opinion/29homerdixon.html>. Acessado em 15/01/2009.

IBS (2007) – Siderurgia Brasileira: Princípios e Políticas - Instituto Brasileiro de Siderurgia, 2007. Disponível em: http://www.ibs.org.br/downloads/Livro_Policy_final_2.pdf Acessado em 15/01/2009.

IBS (2008) - Relatório de Sustentabilidade 2008 - Instituto Brasileiro de Siderurgia, 2008. Disponível em: http://www.ibs.org.br/downloads/relat_sust_ibs_2008.pdf. Acessado em 15/01/2009.

IPCC (2007) - IPCC Fourth Assessment Report - capítulo 2 “ Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing” (página 212) <disponível na página do IPCC >.

IPEADATA (2009) – Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI) – IPEADATA.

JUVENAL, T.L.; MATTOS, R.L.G. – O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. BNDES setorial, n.16, p.3-30, 2002.

KENGEN, S. (1985) – Industrial forestry and Brazilian development: a social, economic and political analysis, with special emphasis on the fiscal incentives scheme and the Jequitinhonha Valley in Minas Gerais –Michigan State University, E.UA [Tese de doutorado] <disponível na biblioteca da Faculdade de Ciências Econômicas (FACE) da UFMG, coleção Mineriana >.

KEYNES, J. M. (1936) (1957) - The General Theory of Employment, interest and money - London; Tokyo: Macmillan.

KEYNES, J. M. (1937) - The General Theory of Employment - The Quarterly Journal of Economics, Vol. 51, No. 2 (Feb., 1937), pp. 209-223.

LOPES, S.B.(2007) Análise técnica e econômica de um sistema de colheita florestal Viçosa, MG, 2007 [tese de doutorado].

MACKINSEY (2009) - Caminhos para uma economia de baixa emissão de carbono no Brasil - McKinsey & Company, 2009. Disponível em veja.abril.com.br/40anos/ambiente/pdf/relatorio-mckinsey.pdf. Acessado pela última vez em 31/08/2009.

MARX, K. H. (1890) (1983) - O capital: crítica da economia política – São Paulo: editora Abril, série “Os Economistas”.

MASSENGALE, R. (2006) – Black Gold: a history of charcoal in Missouri – Estados Unidos: Author House.

MINETTE, J.L., Moreira, F.M.T., Souza, A.M., Machado, C.C. and Silva, K.R.(2004) – Análise técnica e econômica do Forwarder Rev. Árvore vol.28 no.1 Viçosa, 2004.

MINITEC (2008) – Gusa: carvão vegetal e coque, parecer técnico – Divinópolis 14 de abril de 2008.

MME (2004) – Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico – Ministério de Minas e Energia, Brasil, 2004.

MME (2006) – Plano Decenal de Expansão de Energia 2007/2016 - Capítulo VIII 810.

MODIG, H. (1972) - The Backward Linkage Effect of Railroads on Swedish Industry, 1860-1914 - The Swedish Journal of Economics, Vol. 74, No. 3 (Sep., 1972), pp. 356-369 <disponível no sítio do JSTOR: www.jstor.org>.

MONTAGNINI, F. & JORDAN, C. F. (2005) – Tropical Forest Ecology: the basis for conservation and management – Berlin: Springer.

MONTEIRO, M. A. (2004) – Siderurgia na Amazônia oriental brasileira e a pressão sobre a floresta primária - II Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade (ANPPAS), 26 a 29 de maio de 2004, Indaiatuba - São-Paulo.

MOYEN, F. (2007) – A história da Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira: uma trajetória de crescimento consistente (1921-2005) – Belo Horizonte: Fundação Belgo, grupo Arcelor <disponível na biblioteca da faculdade de filosofia e ciências humanas da UFMG >.

MUNTZ, A. P. (1960) - The Charcoal Iron Industry of the New Jersey Highlands - Geografiska Annaler, Vol. 42, No. 4, Advance and Retreat of Rural Settlement: Papers of the Siljan Symposium at the XIXth International Geographical Congress (1960), pp. 315-323 <disponível no sítio do JSTOR: www.jstor.org>.

NETTO, Fernando Fagundes (1979) – Estágio atual das pesquisas sobre o carvão vegetal – II Seminário Nacional sobre carvão vegetal. Belo Horizonte: ABRACAVE <disponível na biblioteca do CETEC>.

NOGUEIRA, M. (2005) – Sete Lagoas: a dinâmica funcional de uma cidade média e sua inserção na rede urbana de Minas Gerais – Goiânia: Boletim goiano de geografia, 25, n. 1-2: 47-60, 2005.

OLIVEIRA, C. (1902) – A metallurgia do ferro em Minas: estudo sobre o estado atual e a viabilidade dessa industria, primeira parte – Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto, 1902 <disponível na biblioteca do Instituto de Geologia da USP>.

OSSE, L. (1971) – Lenha, carvão e carvoejamento – Revista Brasil Florestal vol. II, n. 7, Julho/Setembro de 1971 <disponível na biblioteca do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo >.

OSSE, L. (1986) - Consumo de carbón vegetal y actividades forestales de la siderurgia brasileña - Revista Siderurgia Latinoamericana, ILAFA n°280, agosto de 1983 <disponível na biblioteca do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo >.

OVERMAN, F. (1852) – A treatise on metallurgy: comprising mining and general and particular metallurgical operations – New York: D. Appleton & Company <disponível no sítio «Internet Archive»>.

PASINETTI, L. L. (1997) – The marginal efficiency of investment – In Riach, P.A. & Harcourt, G. C (1997) - A 'second edition' of the general theory – Londres: Routledge.

PIKETTY, M.G., FALLOT, A., WICHERT, M., AÍMOLA, L. (2008) - Assessing land availability to produce biomass for energy : the case of Brazilian Charcoal for steel making. Powerpoint presentation. Revista Biomass & Bioenergy (no prelo).

PINHEIRO, P. C. da C., Sampaio, R.S., Rezende, M. E. A., Viana E. - A Produção de carvão vegetal: teoria e prática. 2a Edição Revista e Ampliada. Belo Horizonte, 2008.

PLANTAR-PDD (2006) - Clean development mechanism project design document form (CDM-PDD) - Version 03 - in effect as of: 28 July 2006.

POUNDS, N. J. G. (1957) - Historical Geography of the Iron and Steel Industry of France - Annals of the Association of American Geographers, Vol. 47, No. 1 (Mar., 1957), pp. 3-14 <disponível no sítio do JSTOR: www.jstor.org >.

PRAIS, H. A. C., Guerra, B. C., Dias, E. C., Assunção, A. A.(2002) – Processo de trabalho e saúde dos trabalhadores na produção artesanal de carvão vegetal em Minas Gerais, Brasil – Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 18 (1):269-277, jan-fev, 2002.

REZENDE J.L.P. , Padua, C.T.J., Oliveira, A.D., Scolforo, J.R.S.(2006) – Análise econômica de fomento florestal com eucalipto no Estado de Minas Gerais. Cerne, Lavras, v. 12, n. 3, p. 221-231, jul./set. 2006

RICARDO, D. (1817) (1983) – Princípios de economia política e tributação - Paulo: editora Abril, série “Os Economistas”.

RIO DOCE (1987) - “Falta de carvão provoca fechamento de siderúrgicas” – Diário do Rio Doce, 23/08/1989.

RINGELMANN, M. (1928) – Le charbon de bois: carburant national, fabrication en forêt par les procédés ordinaires et avec les appareils actuels – Paris: Librairie agricole de la maison rustique, Librairie de L’Académie d’Agriculture.

ROCHA, M. G. B., Vale, L. C. C., Rocha, D. Fomento Florestal em Minas Gerais. Informe Agropecuário EPAMIG, Belo Horizonte , v. 29 , n . 242 , p . , jan./fev.2008.

ROMEIRO, S. B. B. (1997) – Química na siderurgia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

ROSILLO-CALLE, F. & BEZZON, G. (2000) - Production and use of Industrial Charcoal - In Rosillo-Calle, F. Bajay, S. V. Rothman, H. - Industrial uses of biomass energy: the example of Brazil - King's College London, University of London.

ROSILLO-CALLE, F., REZENDE, M. A. A., FURTADO, P. e HALL, D. O. (1996) – The charcoal dilemma: finding a sustainable solution for Brazilian industry – Londres: Intermediate technology publications.

SABLOWSKI, A. R. M. (2008) – Balanço de Materiais na Gestão Ambiental da Cadeia Produtiva do Carvão Vegetal para Produção de Ferro Gusa em Minas Gerais – Universidade de Brasília, Departamento de Ciências Florestais [Tese de doutorado].

SAMPAIO, R. S., PINHEIRO ,P. C. C, REZENDE, E.(2007) – Vantagens Comparativas e Competitivas do Uso do Biocombustível Sólido na Indústria Siderúrgica Nacional - Seminário de Avaliação do Potencial do MDL para Projetos no Setor de Silvicultura e Indústria de Ferro-Gusa, 06 de Julho de 2007, Minas Gerais.

SAMPAIO, R. S.,Pinheiro,P. C. C, Rezende, E.(2007) – Carvoejamento:aumentando o rendimento dos fornos – Workshop Madeira Energética, BNDES, maio 2007.

SAMPAIO, R. S. (2008) - Conversão da Biomassa em Carvão Vegetal: Situação Atual com Tendências 2025 – Nota técnica, Belo Horizonte: MG, Junho de 2008.

SANTOS, A. C. (1986) – O problema do trabalho na industrialização em Minas Gerais : o caso da siderurgia – Universidade Federal de Minas Gerais, CEDEPLAR [dissertação de mestrado] <disponível na biblioteca da Faculdade de Ciências Econômicas (FACE) da UFMG, coleção Mineriana >.

SBS (2006) – Fatos e números do Brasil Florestal – Sociedade Brasileira de Silvicultura.

SCHALLENBERG, R. H. & AULT, D. A. (1977) - Raw Materials Supply and Technological Change in the American Charcoal Iron Industry - Technology and Culture, Vol. 18, No. 3 (Jul., 1977), pp. 436-466 <disponível no sítio do JSTOR: www.jstor.org >.

SCHWAPPACH (1904) – Forestry - London: Bedford street <disponível no sítio «Internet Archive»>.

SENA, J. C. C (1881) – Viagem de estudos metallurgicos no centro da provincia de Minas - Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto, 1881 <disponível na biblioteca do departamento de engenharia de minas da USP>.

SILVA, J.C.; Castro, V. R.; Xavier, B. A. (2008) – Eucalipto: cartilha do fazendeiro florestal – Universidade Federal de Viçosa.

SINDIFER (2002) – Controle ambiental das indústrias de produção de ferro-gusa em altos-fornos a carvão vegetal – Belo Horizonte: SEGRAC editora e gráfica LTDA <disponível na biblioteca do instituto de geociências da UFMG>.

SINDIFER (2007) – Estatísticas para a produção de ferro-gusa – <http://www.sindifer.com.br>. Acessado em 15/01/2009.

SINDIFER (2009) – Sítio do SINDIFER – <http://www.sindifer.com.br>. Acessado em 15/01/2009.

SINDIFER (2008) – Comunicação pessoal com consultor do SINDIFER - 07/05/2008

SMITH, A. (1789) (1937) – An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations - New York: The Modern library.

SOARES, C. P. B, Ribeiro J. C., Nascimento Filho, M. B., Ribeiro, J. C. L. (2004) Determinação de fatores de empilhamento através de fotografias digitais Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.27, n.4, p.473-479, 2003.

STRAUCH, N. (1956) – Zona metalúrgica de Minas Gerais e Vale do Rio Doce – Rio de Janeiro: conselho nacional de geografia <disponível na biblioteca da FEA-USP >.

SVEDELIUS, G. (1875) – Handbook for charcoal burners – New York: John Wiley & Son <disponível no sítio «Internet Archive»>.

TAUSSIG, F. W. (1900) - The Iron Industry in the United States - The Quarterly Journal of Economics, Vol. 14, No. 2 (Feb., 1900), pp. 143-170.

TAVARES, M. C. (1972) – Da Substituição de Importações ao Capitalismo Financeiro– Rio de Janeiro: Zahar Editores.

THIBAU, C. E. & AZAMBUJA, D. (1973) – Diretrizes para o problema do carvão vegetal na siderurgia: relatório final do grupo de trabalho do carvão vegetal na siderurgia – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal: Ministério da Agricultura <disponível na biblioteca da EMBRAPA-CPATU>.

TIMÓTEO (2001) - Transformações no processo de trabalho e o saber dos carbonizadores. - Viçosa: Minas Gerais. Dissertação de mestrado.

ULCOS (2008) – ULCOS online - Disponível em: <http://www.ulcos.org>.

ULYSSEA, G. & Reis, M. C. (2006) - Imposto sobre o trabalho e seu impacto nos setores formal e informal – Rio de Janeiro: IPEA, TD 1218.

VALVERDE, O. (1989) - Grande Carajás: planejamento da destruição – Rio de Janeiro, Forense Universitária.

VARIAN, H. (1984) – Microeconomic analysis - New York : W.W. Norton.

VEADO, J. T, Fernandes, M. P., Abdala, E. (1976) – Tecnologia avançada para a produção de carvão vegetal: situação estratégia deste combustível – Revista da Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 6 (10), outubro, 1976.

VEIGA, J. E. (2008) – Aquecimento Global: frias contendas científicas –São Paulo: SENAC.

VEIGA, J. E. (2009) – Bonde do carbono – Jornal Valor Econômico, São Paulo, 09/06/2009. Disponível em [http://www.econ.fea.usp.br/zeeli/artigos_valor/\[121\]%20-%20Bonde%20do%20carbono%20-%202009jun09.pdf](http://www.econ.fea.usp.br/zeeli/artigos_valor/[121]%20-%20Bonde%20do%20carbono%20-%202009jun09.pdf). Acessado pela última vez em 31/08/2009.

VMF-CERFLOR (2008). Relatório de auditoria para certificação CERFLOR da V&M Florestal. Bureau Veritas Certification. Disponível em: <http://www.bureauveritascertification.com.br/arquivos/documentos/relatório%20final%20v&m%20%20pdf%2014-11-07.pdf>. Acessado em 7/07/2008.

VMF-PDD (2002) - Clean development mechanism project design document form (CDM-PDD). Belo Horizonte: Vallourec & Mannesman Siderúrgica.

WHITE, L. (1928) -The Iron and Steel Industry of the Pittsburgh [District] - Economic Geography, Vol. 4, No. 2 (Apr., 1928), pp. 115-139 <disponível no sítio do JSTOR: www.jstor.org >.

WOLFRAM ALPHA (2009) – www.wolframalpha.com – Acessado pela última vez em 22/08/2009.

ZUCHI, P. S. (2001) – A evolução na produção de carvão vegetal e suas repercussões na produtividade e qualidade do carvão, nas condições de trabalho e meio ambiente: estudo comparativo –[dissertação de mestrado] UFMG, Faculdade de Engenharia.

APÊNDICES

APÊNDICE AO CAPÍTULO 1

APÊNDICE AO CAPÍTULO 4

APÊNDICE AO CAPÍTULO 6

Apêndice ao capítulo 1

Consumo siderúrgico de carvão vegetal pela origem da biomassa.

Ano	Consumo siderúrgico de carvão vegetal (m3CV)			Proporção do consumo siderúrgico de carvão vegetal suprido com eucalipto	
	Total Brasil [A]	Suprido com mata nativa (Brasil) [B]	Total Minas Gerais [C]	Brasil [D=1-(B/A)]	Minas Gerais (máxima) [E=D*A/C]
1976	15.500.000,00	14.044.136,00	13.037.434,00	9%	11%
1977	15.250.000,00	13.648.140,00	12.881.719,00	11%	12%
1978	15.150.000,00	13.317.352,00	12.806.560,00	12%	14%
1979	17.300.000,00	15.116.033,00	15.034.485,00	13%	15%
1980	19.644.000,00	16.866.499,00	16.687.374,00	14%	17%
1981	19.230.433,00	15.576.651,00	15.744.921,00	19%	23%
1982	18.660.765,00	14.928.612,00	14.812.557,00	20%	25%
1983	22.509.895,00	18.422.967,00	16.445.956,00	18%	25%
1984	29.607.063,00	24.597.266,00	21.158.872,00	17%	24%
1985	31.586.384,00	26.085.448,00	24.899.217,00	17%	22%
1986	35.114.000,00	29.048.852,00	27.055.236,00	17%	22%
1987	34.349.000,00	27.724.905,00	26.791.924,00	19%	25%
1988	36.619.000,00	28.562.740,00	28.713.000,00	22%	28%
1989	44.803.000,00	31.900.000,00	35.132.000,00	29%	37%
1990	36.902.000,00	24.355.000,00	28.103.000,00	34%	45%
1991	30.978.000,00	17.876.000,00	24.551.000,00	42%	53%
1992	29.177.000,00	17.826.000,00	23.301.000,00	39%	49%

Fonte: [A], [B] e [C], retirados de ABRACAVE (1985 a 1993).

O raciocínio por trás da coluna [E] é simples: a participação do eucalipto no consumo de termo-redutor de Minas Gerais não pode ser maior do que aquela que prevalece na situação em que somente em tal estado se acessa tal via de suprimento. Um exemplo deixa claro o tipo de resultado a que se pode chegar seguindo este raciocínio. Sendo a proporção máxima

calculada para o estado de Minas Gerais, inferior a 20%, para o período anterior a 1980, é possível dizer, sem erro algum, que a proporção efetiva era também inferior a 20%.

Apêndice ao capítulo 4

Produção de carvão vegetal, aço e ferro-gusa pelas empresas CAF e CSBM

Ano	Produção de CV (m3CV) (a)	Aço (tA) (b)	Ferro- Gusa (tFG) (c)
1957	32.986	213.491	209.112
1958	36.617	274.216	239.745
1959	39.920	345.016	295.776
1960	65.419	389.862	336.312
1961	66.336	407.149	361.220
1962	93.535	399.260	381.383
1963	158.253	396.394	372.139
1964	126.605	421.334	390.006
1965	265.187	408.772	338.838
1966	317.195	474.672	422.259
1967	293.345	488.619	444.259
1968	315.915	537.756	470.031
1969	351.293	585.121	478.154
1970	377.708	609.054	473.360
1971	372.572	639.537	483.880
1972	509.453	637.733	478.303

(a) CAF-CSBM (1989).

(b) Moyen (2007).

(c) ABM (1975).

Produção de carvão vegetal, aço e ferro-gusa pelas empresas CAF e CSBM (continuação)

Ano	Produção de CV (m3CV) (a)	Aço (tA) (b)	Ferro- Gusa (tFG) (c)
1973	694.771	663.877	518.340
1974	647.883	730.156	533.944
1975	464.947	771.206	578.526
1976	578.125	793.482	-
1977	700.680	800.124	-
1978	882.856	836.039	-
1979	955.470	791.505	-
1980	1.027.731	873.519	-
1981	1.203.504	826.705	-
1982	1.362.009	900.771	814.272
1983	1.199.572	812.769	781.588
1984	1.150.144	842.232	832.809
1985	1.109.317	855.313	-
1986	1.338.072	805.026	-
1987	1.645.706	856.050	-
1988	1.715.125	919.304	-
1989	1.767.784	861.917	-
1990	1.857.323	841.790	-

(a) CAF-CSBM (1989).

(b) Moyen (2007).

(c) ABM (1975) e CSBM (1984).

Apêndice ao capítulo 6

Anexo A: estimativas de custo apresentadas nas tabelas 6 e 8

Anexo B: notas para os parâmetros (tabelas 7 e 9)

Anexo C: notas das tabelas dos anexos A e B

Anexo A: estimativas de custo apresentadas nas tabelas 6 e 8

A.1.Método de estimação

As estimações foram realizadas a partir de informações de duas naturezas: (i) dados primários colhidos em trabalho de campo realizado junto a empresas produtoras de carvão vegetal e a uma empresa produtora de celulose; (ii) dados secundários informados pela literatura. As duas variedades de dados foram combinadas de modo a chegar-se a patamares de referência para os custos variáveis médios de silvicultura, carbonização e transporte de lenha e carvão vegetal. Por um lado, o conjunto de dados tomado por base para o cálculo de custos não é amplo o bastante para permitir a aplicação de técnicas estatísticas que permitam encontrar padrões predominantes, ou “representativos”. Por outro lado, para alguns métodos de produção, fontes de dados diferentes indicam valores diferentes para os custos de produção, o que é esperado, uma vez que tais custos dependem de muitas variáveis – entre elas fatores edafoclimáticos e influências sazonais. Para dar conta de incorporar, pois, diferentes possibilidades para um mesmo método de produção - o que parece imprescindível dado que a exigüidade do conjunto de dados não permite que se perca nenhuma observação -, recorreu-se ao seguinte conjunto de princípios, cuja idéia central é dar mais peso aos dados primários:

Princípio de estimação 1: Para os métodos de produção para os quais foi possível encontrar mais do que dois dados para o custo variável médio na literatura, além da estimação realizada com dados primários: (i) tomaram-se o valor mínimo e o valor máximo informados pela literatura, (ii) obteve-se o desvio percentual em relação à estimativa para cada um deles e, (iii) selecionou-se o maior valor obtido para tal desvio. Com base no último (iv) foram calculados os patamares máximo e mínimo para fins de estimativa, aplicando-se o desvio percentual de maior valor à estimação obtida a partir dos dados primários.

Princípio de estimação 2: Para os métodos para os quais foi possível encontrar somente um dado para o custo variável médio na literatura, além da estimação realizada com dados primários, tomou-se o maior desses dois valores como patamar máximo e o menor como patamar mínimo.

Princípio de estimação 3: Para os métodos para os quais não foi possível obter dados primários recorreu-se à literatura para encontrar um patamar máximo e um patamar mínimo;

Princípio de estimação 4: No caso de haver somente um dado de referência para a estimação, optou-se por não determinar patamares, valendo-se somente de um valor.

As seções a seguir detalham como os patamares enunciados nas tabelas 6 e 8 foram obtidos.

A.2. Compromisso de confidencialidade

As empresas que concederam dados primários, os quais foram utilizados para fins de elaboração das estimativas a seguir, não terão sua identidade revelada. Todas elas concordaram em disponibilizar informações desde que isso não redundasse em sua exposição. Por conta disso, recorrerá à seguinte nomenclatura para distinguir as fontes de dados primários:

“#1”= indica a empresa 1, o serviço florestal de uma siderúrgica integrada de Minas Gerais. Trata-se de um caso concreto do sistema de produção caracterizado pela carbonização de larga escala e pelo cultivo de larga escala.

“#2”= indica a empresa 2, o serviço florestal de uma siderúrgica independente de Minas Gerais. Trata-se de um caso concreto do sistema de produção caracterizado pela carbonização de pequena escala e pelo cultivo de larga escala.

“#3”= indica a empresa 3, o serviço florestal de uma produtora de celulose. Trata-se de um caso concreto do método de produção de pequena escala fomentado.

A.3. Tabelas 6 e 8

A.1. Notas [1]

A estimativa para o custo de cultivo do método de silvicultura de larga escala levou em conta três dados. O primeiro deles refere-se ao custo variável médio de cultivo de “#1”, tal como registrado na tabela abaixo.

Fase [1]	Custo variável médio (2008R\$/haC)
Implantação [2]	2.834,92
Manutenção [2]	1.693,66
Total	4.528,58

Tabela A.1: custos de cultivo, por fase, para o esquema de silvicultura de larga escala, calculados a partir de dados obtidos no trabalho de campo (“#1”: 2008c).

A fonte do segundo dado é MINITEC (2008), em que se assume um custo total de cultivo de R\$ 4.490,00/ha, dado obtido da Associação Mineira de Silvicultura (AMS) (MINITEC:

2008). Segundo Aímola & Piketty (2005), o custo de cultivo mínimo, para o estado de Minas Gerais era de R\$ 4.298,28/haC no ano de 2005 e o máximo de R\$4.748,28/haC. Aplicando-se o princípio 1 pôde-se chegar aos patamares apresentados na tabela 2.1.

A.2.Notas [2]

A tabela A.2. traz a estimacão para o custo variável médio social – soma dos custos variáveis médios pagos pelas duas contrapartes - de cultivo, realizada a partir de dados primários colhidos junto à “#3”, os quais são referentes à “modalidade 2” de seu programa de fomento florestal.

Mão de obra (2008R\$/ haC)	Capital (2008R\$/ haC)	Insumos (2008R\$/ haC)	Serviço (2008R\$/ haC)	Custo variável médio total (2008R\$/ haC)
1.040,00 [1]	360,00 [2]	3.090,82 [3]	893,00 [4]	5.383,82

Tabela A.2: custos de cultivo, por grupo de fatores, para o método de silvicultura de pequena escala fomentada, tal como executado na modalidade 2 do fomento florestal de “#2”, estimado a partir de dados obtidos no trabalho de campo (“#3”: 2008d e 2008e) e referências bibliográficas (Rezende et al: 2006).

Não foi possível encontrar estudos de programas de fomento florestal tecnologicamente semelhantes à modalidade 2 de “#3”, de modo que, de acordo com o princípio 4, o custo de cultivo reportado na tabela A.2 será tomado como patamar de referência para o esquema de cultivo de pequena escala fomentado empresarial.

A.3.Notas [3]

A tabela A.3. indica o custo variável médio do programa de fomento florestal IEF-ASIFLOR, tal como reportando em Rezende et al (2006).

Cultivo (2008R\$/ haC)	2.380,00[+]
-----------------------------------	-------------

Tabela A.3: custos de silvicultura, por fase, para o esquema de silvicultura de pequena escala fomentada familiar, informados por Rezende et al (2006).

De acordo com Silva et al (2008), o custo de cultivo de uma plantao de eucalipto com 1.666 árvores por hectare,  de R\$2.120,00/haC. A plantao de Rezende et al (2006) possui 2.000 árvores/ha, de modo que o custo de cultivo tende a ser mais alto, por conta do maior

investimento em mudas e outros tratamentos, por hectare. De acordo com ASIFLOR (2009), o custo de cultivo em um programa de fomento florestal é de R\$2.776,76/haC. Aplicando-se o princípio #1 foi possível obter os patamares indicados na tabela 2.1.

A.4. Razões para a diferença no custo social de fomento entre os programas de fomento florestal “#3” modalidade 2 e IEF-ASIFLOR

A diferença entre os procedimentos empregados no programa investigado em Rezende et al (2006) e o programa (modalidade 2) de “#3” estão: (i) no maior emprego, no âmbito do segundo programa, de insumos, principalmente adubo, formicida e pesticida por hectare, o que redundou em um dispêndio total em insumos de R\$3.091/haC, uma magnitude 6 vezes maior do que a reportada em Rezende et al (2006); (ii) no maior dispêndio com mão de obra por hectare cultivado, o que se deve ao fato de que, para estimar esse custo para o programa de “#3”, supomos que todos os trabalhadores são remunerados – o que não necessariamente ocorre em programas de fomento, uma vez que o emprego de mão-de-obra familiar é a regra. Por conta disso o dispêndio com mão-de-obra soma R\$2.080,00 para “#3”, enquanto que Rezende et al (2006) registra um valor de R\$1.300,00; (iii) a terceira e última origem de discrepância está na despesa referente a serviços como assistência técnica, geoprocessamento e avaliação das condições físicas da propriedade, de R\$893,00. Apesar de levar-se em conta um custo de R\$219,00 para assistência técnica, em Rezende et al (2006), não há correspondência, na contabilidade apresentada pelos autores, das demais despesas que compõem o custo de serviços para o caso da modalidade 2 do programa de fomento florestal de “#3”.

A.5. Nota [4]

As estimativas para o custo de colheita estão apresentadas na tabela A.4 abaixo.

Tarefa/ Dado	Máquina empregada	Custo da tarefa sob uma densidade florestal de 300 m3L/ha (2008R\$/ m3L)	Custo da tarefa sob uma densidade florestal de 200 m3L/ha (2008R\$/m3L)
Derrubada	Feller Buncher	3.82 [1]	6.6 [6]
Corte de galhos e folhas			
Baldeio	Skidder	2.54 [2]	2.2 [6]
Traçamento	Garra traçadora	1.43 [3]	1.7 [6]
Extração	Forwarder	5.46 [4]	5.46 [6]
Empilhamento			
Carregamento do caminhão de transporte			
Custo total médio de colheita		13.25 [5]	15.96 [5], [6]

Tabela A.4: custos de colheita, por tarefa, para o esquema de silvicultura de larga escala, estimados a partir de Lopes (2007).

Em Aímola & Piketty (2005), assume-se um custo de colheita, para plantações de eucalipto, de R\$ 15,00/m3L, para o ano de 2005. Em Minitec (2008), o custo de colheita tomado por base é de R\$9,00/m3L. Os custos de colheita discriminados na tabela A.4 foram submetidos à avaliação do diretor de engenharia de “#1”, o qual apontou que ambos estão próximos ao verificado na prática corrente (“#1”: 2008e). Os dois custos possíveis para a colheita da silvicultura de larga relacionados na tabela A.4 foram, pois, tomados como patamares mínimo e máximo de referência para a estimação do custo de colheita, tal como a tabela 2.1 denota.

Custo total médio (2008R\$/ m3L)	14[+]
-------------------------------------	-------

Tabela A.5: custo total de colheita para o esquema de silvicultura de pequena escala fomentada empresarial, informado por “#3” (2008d).

O custo de colheita informado na tabela A.5 refere-se ao que prevalece nos plantios integrados à empresa “#3”, em que se emprega a colheita mecanizada (“#3”: 2008d). A comparação, pois, com a tabela A.4 é possível, exercício que leva à conclusão de que o valor apresentado na tabela A.5 está entre o custo máximo e mínimo reportado naquela tabela. Tomará-se para calcular o custo total de colheita, para os três esquemas de cultivo sob consideração, os custos máximo e mínimo da tabela A.2. A justificativa para isso está em que, como já apontado, tais valores foram comprovados pelo diretor de engenharia da empresa “#1” (“#1”:2008e), adequando-se a outras referências, inclusive a referente à tabela A.5.

A.5.Nota [5]

Os dados primários a que se teve acesso junto à empresa “#1” permitiram chegar à estimativa registrada na tabela A.6 abaixo.

Custo variável médio (2008R\$/ m3CV)	8,49[+],[*]
---	-------------

Tabela A.6: custo variável médio de carbonização para o esquema de carbonização de larga escala, informados por “#1” (2008d).

O estudo de Guimarães Neto et al (2007) mostra que o custo de carbonização de fornos retangulares de 40 estéreos - 23,6 m3L por rodada, uma capacidade 10 vezes menor do que a dos fornos utilizados pela empresa “#1” (2008b) – é de R\$11,17/m3CV, sendo tal custo composto referente à manutenção, mão-de-obra e custos de comercialização do carvão vegetal. Uma vez que não foi possível encontrar outras referências para o custo de um esquema de produção similar, tomará-se como patamar mínimo para o custo variável médio na carbonização de larga escala um valor de R\$8,49 m3CV e como patamar máximo, o valor de R\$11,17/m3CV. Prevaleceu o princípio 2 de estimação.

A.6.Nota [6]

Vida útil (anos)	Preço da forno (2008R\$)	Número de fornos (#)	Investimento em fornos (2008R\$)	Investimento em infraestrutura (2008R\$)	Custo fixo total (2008R\$)
15[1]	240.000,00 [1]	36[1]	576.000,00 [2]	57.600,00 [3]	12,82 [4]

Tabela A.7: custo fixo médio de carbonização para o esquema de carbonização de larga escala.

A.7.Nota [7]

A combinação de dados primários e secundários deu origem à estimativa para o custo de carbonização de pequena escala, referente, portanto, ao método adotado pela empresa “#2”, apresentado na tabela A.7 abaixo.

Mão de obra (2008R\$/m3CV)	Insumos (2008R\$/m3CV)	Custo total (2008R\$/m3CV)
8.64[1]	0.73 [2]	9.37

Tabela A.8: custo total de carbonização para o esquema de carbonização de pequena escala.

O custo informado em Pinheiro et al (2008), para a fase de carbonização (incluindo-se o custo de carregamento do caminhão de carvão), é de 2006R\$ 11.36 / m3CV. Em Castro et al (2007), a soma do custo de carbonização e do custo de carregamento do caminhão de carvão resulta em R\$9.43/ m3CV de carvão vegetal, em 2005R\$. É impossível rastrear o esquema de carbonização do qual este dado foi originalmente obtido. Minitec (2008) simula uma unidade de produção de carvão similar à da empresa “#2”. Neste estudo, o custo de carbonização é de R\$14 / m3CV. Em Rezende et al (2006), um custo de R\$30 / m3CV é assumido, sendo que o valor foi calculado a partir de informações referentes à empresas produtoras de carvão vegetal do centro-oeste de Minas Gerais (cidades de Pompéu e Sete Lagoas, próximas ao pólo gaseiro do estado). Trata-se de carvão obtido de empresas que praticam a carbonização de pequena escala, obtendo sua lenha de programas de fomento florestal. Tomando-se como base esses estudos, o custo de carbonização fica entre R\$9.43 / m3CV e R\$30 / m3CV, um intervalo que compreende a estimativa apresentada na tabela. Não se pôde lançar mão do princípio 1, pois a maior discrepância percentual, quando aplicada à estimativa, leva a um valor negativo para o patamar inferior.

A.8.Nota [8]

Custo fixo					
Vida útil (anos)	Preço da forno (2008R\$)	Número de fornos (#)	Investimento em fornos (2008R\$)	Investimento em infraestrutura (2008R\$)	Custo fixo total (2008R\$)
2[1]	2.000,00[2]	108 [3]	43.200,00 [4]	4.320,00 [5]	12,82 [6]

Tabela A.9: custo fixo médio de carbonização para o esquema de carbonização de pequena escala.

Anexo B: notas para os parâmetros (tabelas 7 e 9)**B.1.Tabela 7**

[1] Trata-se do rendimento florestal efetivo obtido nas plantações localizadas na região centro-oeste da empresa “#1” (“#1”: 2008g).

[2] Segundo o diretor do programa de fomento florestal da empresa “#1”, a densidade florestal registrada pelas plantações implantadas no ano de 2000, no âmbito do programa de fomento modalidade 1, foi de 199 m³/ha (“#1”: 2008d). Trata-se de 28,4285 m³/ha/a na média para os sete anos de crescimento florestal, tal como é prática no fomento florestal da empresa “#3” (“#3”: 2008a). Supõe-se, pois, que a densidade florestal efetiva para as plantações estabelecidas no âmbito do fomento florestal modalidade 2 da empresa “#3” é igual à densidade florestal observada para as plantações do fomento florestal modalidade 1.

[3] A fonte do dado é o artigo de Rezende et al (2006), em que toma-se como densidade florestal média 250mstL/ha, o que equivale a 147,5m³/ha, aplicando a taxa de conversão de mst de lenha de eucalipto para m³ convencional. O ciclo florestal considerado no artigo de base é de 7 anos.

[4] Esse valor foi obtido da multiplicação do rendimento florestal por 6 anos, o ciclo florestal praticado nas plantações de eucalipto da firma “#1” (“#1”: 2007);

[5] Trata-se da densidade florestal referida na nota [2];

[6] Trata-se da densidade florestal referida na nota [3];

[7] Trata-se da densidade convencional para a lenha do eucalipto. Essa convenção toma por base as seguintes referências: em VMF-PDD (2002), é informada uma densidade de 0,49 tL / m³L. Em Minitec (2008), toma-se por base uma densidade de 0,45 tL / m³L. Segundo Foelkel (2008), a densidade do eucalipto para as espécies “mais conhecidas”, as quais são também as

geralmente utilizadas para o fabrico do carvão vegetal, varia de 0,45 tL / m3L a 0,6 tL / m3L. Em SBS (2006), o valor informado é de 0,577 tL/ m3L. O intervalo sugerido, pois, pela literatura é de 0,45 tL/ m3L a 0,6 tL/ m3L. Tomará-se o ponto médio desse intervalo, fazendo, pois, da densidade da lenha de eucalipto um parâmetro, uma vez que, sendo essa densidade determinada, sobretudo, pela espécie de eucalipto selecionada e não havendo diferenças entre as empresas fabricantes de carvão nesse quesito, não há nenhuma razão para tomar por base mais de um valor.

[8] O número informado foi fixado com base no raciocínio detalhado a seguir. (i) Segundo o diretor de engenharia da empresa “#1”, a qual pratica um método de carbonização de larga escala, o rendimento gravimétrico efetivo oscila entre 0,3 tCV/ tL e 0,36 tCV/ tL (“#1”: 2008b); (ii) a média para o rendimento gravimétrico obtido em experimentos em que técnicas de controle e automação do processo de carbonização foram testadas, realizados na empresa “#2” (em que prevalece o método de pequena escala), é de 0,3155 tCV/ tL (“#2” : 2006). (iii) É possível, obter, teoricamente – abstraindo-se erros cometidos no controle do processo de carbonização e eventuais peculiaridades da influência de condições climáticas – seja nos fornos de carbonização que caracterizam o método de carbonização de larga escala, seja naqueles que caracterizam o método de pequena escala, o mesmo rendimento gravimétrico máximo (Pinheiro et al: 2008, Sampaio: 2008). Não há razão, pois, para incorporar o rendimento gravimétrico enquanto elemento de diferenciação dos custos totais de produção do carvão vegetal ao longo dos seis esquemas de produção a serem comparados. Convencionará-se que o rendimento gravimétrico efetivamente obtido em qualquer um dos dois métodos de carbonização é igual e dado por 0,3 tCV/ tL.

[9] Tomou-se por base a taxa de juros cobrada no âmbito da linha de financiamento PROPFLORA do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), a qual é especializada no financiamento de projetos de plantações arbóreas. Trata-se de uma linha de financiamento a que se recorre tanto no programa de fomento da empresa “#3”, como naquele mantido pela empresa “#1”, a qual está integrada à uma siderúrgica integrada. De acordo com BNDES (2009), a taxa de juros a ser paga por um empréstimo contraído é de 6,75% a.a., a qual deve ser acrescentada a remuneração da instituição financeira repassadora – que faz a intermediação entre o BNDES e o programa de fomento – de 3% a.a.

[10] Suporá-se que sobre os empréstimos contraídos no âmbito de um programa de fomento incidem juros desde o ano de implantação até o ano após aquele em que se dá a colheita, período dentro do qual, portanto, a dívida é quitada.

B.2.Tabela 9

[11] A densidade do carvão informada em “#1” (2008b) é de 0.26 tCV/ m³CV.

[12] Estimado a partir dos seguintes passos:

(i) a capacidade do forno de carbonização de “#1” é de 192 m³CV /ciclo, como pode ser comprovado em “#1” (2008b).

(ii) cada unidade de produção de carvão vegetal de “#1” possui 36 fornos de carbonização e o ciclo de carbonização é de 12 dias (“#1”: 2008a e 2008b). Se todos os fornos são usados continuamente, é correto assumir que se tem sempre 3 fornos em cada um dos dias do ciclo, isso para todos os dias de trabalho. Portanto, 3 fornos são descarregados e então carregados a cada dia. Assim, se todos os fornos funcionam à plena capacidade, a capacidade diária de produção é de: 192 m³CV/forno/dia . 3 fornos =576 m³CV/dia.

(iii) não ocorrendo interrupção, cada unidade de produção de carvão tem uma capacidade mensal de produção de carvão de 576 m³CV/dia . 30 dias/mês =17,280 m³CV/mês.

(iv) supondo que há, durante um mês por ano, uma interrupção para manutenção, a capacidade de produção anual de carvão vegetal atinge 17,280 m³CV/mês . 11 meses /ano = 190.080 m³CV/ano. Essa estimativa foi confirmada pelo diretor de engenharia de “#1”.

(v) supondo uma densidade de 0.26 tCV/ m³CV, a produção anual em m³CV foi transformada para tCV.

[13] Estimado a partir dos seguintes passos:

(i) Em primeiro lugar estimou-se a capacidade do forno de carbonização, da seguinte maneira:

(a) a carga de lenha para o forno de carbonização de “#2” é de 10,4 m³L (“#2”: 2008a e 2008b); (b) a densidade da lenha de eucalipto é de 0.5 tL / m³L; (c) o rendimento gravimétrico é de 0.3 tCV / tL.

(ii) O ciclo de carbonização é de 6 dias, quando se assume que o forno de carbonização adotado por “#2” é similar ao de modelo circular analisado em Pinheiro et al (2008), algo sugerido pelas similaridades estruturais entre ambos. Uma unidade de produção de carvão de “#2” possui 108 fornos, tomando-se como referência o observado em uma visita de campo a uma unidade de carbonização da empresa (“#2”: 2008b). Pode-se, com base nisso, assumir que se os fornos são operados continuamente, 18 fornos são descarregados e então carregados a cada dia. Assim, a produção diária de carvão vegetal é dada por 1,56 tCV/ forno/dia . 18 fornos =28,08 tCV /dia.

(iii) não ocorrendo interrupção, a capacidade de produção mensal é 842,4 tCV /mês.

(iv) supondo que há uma interrupção para manutenção de um mês por ano, a capacidade anual de produção é de $885.6 \text{ tCV /mês} \cdot 11 \text{ meses /ano} = 9.266,4 \text{ tCV/ano}$.

Anexo C: notas das tabelas dos anexos A e B

Tabela A.1

[1] Essa tabela registra todos os custos de plantação e manutenção efetivamente incorridos no campo, tal como reportado em “#1” (2008c), para o caso da região centro-oeste de “#1” (a qual coincide com o centro-oeste do estado de Minas Gerais). Os dados referem-se ao custo por hectare de implantação e manutenção de uma plantação de eucalipto de 1.400 ha, durante uma rotação de seis anos, com as técnicas empregadas por “#1”.

[2] A primeira rotação começa com implantação, i.e., a preparação do solo e a introdução das mudas, no ano 0, seguindo-se a aplicação de procedimentos de manutenção realizados após 90 e 180 dias do ano 0. Dos anos de 1 a 5, período denominado de “manutenção florestal”, são desenvolvidos procedimentos como o combate à ervas daninhas e formigas e adubação.

Tabela A.2

[1] Estimado supondo-se que: (i) o gasto com mão-de-obra é dado pelo produto do salário diário pago aos trabalhadores e o número de homens-dias que têm de ser contratados para realizar os procedimentos de plantação e manutenção; (ii) o custo de contratação de um homem-dia é de R\$80,00, valor que corresponde ao efetivamente pago pela empresa “#3” para contratar um dia de trabalho no cultivo, de acordo com “#3” (2008d); (iii) o fazendeiro fomentado não paga encargos trabalhistas; (iv) os encargos trabalhistas correspondem a 50% do custo de contratação de um trabalhador pela empresa “#3”² (trata-se de uma subestimação já que, segundo Ulyssea & Reis (2006), o custo de contratação de um trabalhador no Brasil é de 165% do salário efetivamente recebido); (iii) a determinação de quantos homens-dia são necessários para levar a cabo o cultivo seguirá Rezende et al (2006), em que o programa de fomento florestal IEF-ASIFLOR é analisado; (iv) não há atualização monetária do salário; (v) os resultados estão registrados na tabela abaixo:

Fase	Implantação (Ano 0)	Manutenção 1 (Ano1)	Manutenção 2 (Ano2)	Manutenção 3 (A3-A6)
Homens-dia/ha/a	12	7	6	1
Custo de mão-de-obra	480,00	280,00	240,00	40,00

* a manutenção é orientada pelas seguintes diretrizes, deduzidas do manual de fomento florestal elaborado pela empresa “#3” (“#3”: 2008a): 1.no primeiro ano após a plantação, as tarefas de manutenção são combate a formiga, roçada manual e aplicação de herbicida, aplicação de adubo, manutenção de cercas e aceiros (ramais de arraste para a lenha); 2. No segundo ano após a plantação, as tarefas de manutenção são combate a formigas,

roçada manual e aplicação de herbicida, manutenção de cercas e aceiros; 3.do sexto ao terceiro ano após a plantação, as tarefas de manutenção são combate à formigas, manutenção de cercas e aceiros.

Tabela [1]: custo de mão-de-obra referente a cada fase do cultivo do programa de fomento florestal modalidade 2.

[2] Trata-se do custo de capital reportado em Rezende et al (2006), sendo referente à aração, adubação e aplicação de herbicida.

[3] Estimado supondo-se que:

A. Os coeficientes de uso (por ha) e os preços unitários dos insumos empregados na implantação são tais como a tabela abaixo indica:

Insumo (a)	Unidade (a)	Coefficiente de uso (unidade / ha)	Preço (2008R\$) (h)
Formicida	Kg	10 (b)	3.8
Cupinicida	Kg	0,05 (b)	400(i)
Mudas	Número de mudas	1.001(c)	0.5 (j)
Adubo NPK 06-30-06	Tonelada	0,10(d)	850 (k)
Adubo fosfato reativo	Tonelada	0,4(e)	801.88
Adubo KCl+B	Tonelada	0,3(f)	1,645.58
Glifosato (herbicida)	Litros	12(g)	13 (l)
Hidrogel	Kg	2,7(m)	14,54(m)
Água (irrigação)	Horas efetivas de trabalho	1,25(m)	4,76(m)
Cercas (proteção da plantação)	Km	0,0075(m)	1900(m)

Tabela A: dados tomados como base para calcular o dispêndio em insumos associado à fase de implantação do programa de fomento florestal de “#3” em sua modalidade 2.

(a) Essas são as especificações para os insumos empregados nas plantações da modalidade 2 do programa de fomento florestal da empresa “#3”, de acordo com “#3” (2008d).

- (b) Esses coeficientes de uso foram obtidos do contrato de fomento florestal referente à modalidade 1 praticada pela empresa “#3”, estamos, pois, supondo que são válidos para o caso da modalidade 2.
- (c) O espaçamento recomendado em “#3” (2008a) para a modalidade 2 é de 3 m x 3,33 m, o que dá 1001 mudas por hectare.
- (d) Estimado supondo-se que: de acordo com “#3” (2008d), na modalidade 2 do programa de fomento florestal LS, 100g de NPK 06-30-06 são aplicadas a cada planta; (ii) o número de árvores é de 1001 por hectare.
- (e) Estimado supondo-se que: (i) de acordo com “#3” (2008e), na modalidade 2 do programa de fomento florestal LS, uma quantidade de 400g de fosfato reativo é aplicado à cada planta; (ii) o número de árvores é de 1001 por hectare.
- (f) Estimado supondo-se que: (i) de acordo com “#3” (2008e), na modalidade 2 do programa de fomento florestal “#3”, 300g de KCl é aplicado a cada planta; (ii) o número de árvores é de 1001 por hectare.
- (g) Estimado supondo-se que: (i) O volume de glifosato usado é de 4 l / há, igual ao praticado pela firma ACESITA Energética (ACESITA -SGS: 2007); (ii) de acordo com “#3” (2008e), o herbicida é aplicado três vezes no ano de implantação.
- (h) Tratam-se de preços de insumos similares utilizados pela empresa “#1” – a mais detalhada base de dados sobre custos de cultivo de eucaliptos que pôde-se acessar. O documento de referência é “#1” (2008d), salvo quando indicada outra referência.
- (i) Trata-se do preço que pôde ser encontrado em um sítio brasileiro que vende o cupinicida Confidor (um produto da empresa Bayer).
- (j) “#3” (2008a).
- (k) Obtido de Silva et al (2008).
- (l) Trata-se do preço de venda com frete incluso que pôde ser encontrado na internet. Refere-se ao Glifosato 48%.
- (m) Estimado supondo-se que: (i) de acordo com “#3” (2008e), nas propriedades engajadas no fomento florestal de modalidade 2, a plantação ocorre ao longo do ano inteiro, o que nos diz que recorre-se à irrigação; (ii) os coeficientes de uso para o hidrogel e para água são os mesmos que valem nas plantações da empresa “#1”; (iii) o preço do hidrogel e da pipa de 6,000 l são iguais ao reportado para a empresa “#1”. O custo de construção de cercas também foi retirado de “#1” (2008c).

B. Os coeficientes de uso (por ha) e os preços unitários dos insumos empregados na manutenção florestal são tais como a tabela abaixo indica:

Insumo (a)	Unidade (a)	Coefficiente de uso (unidade / ha)	Preço (2008R\$) (h)	Ano do cultivo em que o insumo é empregado (m)
Formicida	Kg	9 (b)	3.8 (h)	Y1-Y6
Adubo KCl + B + Zn + Cu	Tonelada	0,299 (c)	1,645.58 (i)	Y1
Adubo Fostato Reativo	Tonelada	0,399 (d)	801.88 (j)	Y1
Adubo Borogram	Tonelada	0,029 (e)	1493.1(k)	Y1
Glifosato (herbicida)	Litro	8(f)	13(l)	Y1-Y2
Cercas (insumos + mão-de-obra)	Km	0,005(g)	1900(g)	Y1-Y6
Aceiros (insumos + mão-de-obra)	Horas efetivas de trabalho	0,15(g)	102,18(g)	Y1-Y6

* assume-se que a manutenção se organiza a partir das diretrizes relacionadas ao pé da tabela A.1.

Tabela B: dados tomados como base para calcular o dispêndio em insumos associado à fase de manutenção do programa de fomento florestal “#3” modalidade 2.

(a) Trata-se do que está registrado em “#3” (2008a).

(b) Estimado supondo-se que: (i) O consumo anual de formicida durante a manutenção é igual ao que vale nas plantações integradas à empresa “#3”; (iii) aplica-se o formicida durante os seis anos de manutenção (“#3”: 2008a).

(c) Estimado supondo-se que: (i) de acordo com “#3” (2008a), o adubo KCl + B + Zn + Cu tem de ser aplicado em a 270 g por planta, em áreas de alta inclinação, e em 225 g/planta, em áreas de baixa inclinação; (ii) vale o maior coeficiente discriminado em (i); (iii) em LS (2008a), o número recomendado de mudas é de 1,111 por hectare, o qual será tomado por base.

(d) Estimado supondo-se que: (i) segundo “#3” (2008a), o fosfato reativo deve ser aplicado em 360 g por planta; (ii) vale a convenção (iii) da nota (c).

(e) Estimado supondo-se que: (i) de acordo com “#3” (2008a), o adubo Borogram tem de ser aplicado em 18 g por planta, em áreas de alta inclinação, e em 27 g/planta, em áreas de baixa inclinação; (ii) vale a convenção (iii) da nota (c).

(f) Estimado supondo-se que: (i) O volume de herbicida glifosato usado pela empresa ACESITA Energética é de 4 litros / ha (ACESITA-SGS: 2007); (ii) segundo “#3” (2008e), a aplicação do herbicida é feita duas vezes por ano durante a manutenção.

(g) Dado referente à empresa LCLS (“#1”: 2008d).

(h) Trata-se do preço do formicida utilizado pela empresa LCLS – a mais detalhada base de dados sobre custos de cultivo de eucaliptos que se pôde acessar. O documento de referência é “#1” (2008d).

(i) Trata-se do preço do adubo KCL + 1% B, usado pela empresa “#3” (“#3”: 2008a);

(j) Trata-se do preço do adubo fosfato reativo usado pela empresa “#3” (“#3”: 2008a);

(k) Trata-se do preço do adubo Borogram usado pela empresa “#3” (“#3”: 2008a);

(l) Trata-se do preço do herbicida Glifosato usado pela empresa “#3” (“#3”: 2008a);

(m) Trata-se do que está registrado em “#3” (2008a).

[4] De acordo com “#3” (2008d), os dispêndios em assistência técnica, avaliação das condições físicas da propriedade e geoprocessamento somam R\$893,00 /ha.

Tabela A.3

[+] Como informado em Rezende et al (2006), incluindo o custo de inventário florestal.

Tabela A.4

[1] Estimado supondo-se que: (i) o custo operacional do Feller Buncher – o qual compreende gastos com mão-de-obra, capital e insumos empregados para colocar a máquina em funcionamento -, tal como reportado em Lopes (2007), é de US\$ 1,68/ m3L. Esse número refere-se ao caso em que a plantação é tal que a quantidade de lenha por hectare, na época da colheita, é de 300 m3L/ ha; (ii) a taxa de câmbio utilizada por Lopes (2007) é de US\$ 0,46/ R\$; (iii) a taxa de inflação empregada para converter 2007 R\$ para 2008 R\$ é a de 4,5% por ano.

[2] Estimado supondo-se que: (i) o custo operacional do Skidder, tal como reportado em Lopes (2007), é de US\$ 1,12/ m3L. Esse número vale para o caso em que o Skidder tem de transportar a lenha através de 200 m; (ii) as demais convenções utilizadas para converter o valor em 2008 R\$ são as mesmas referidas em [1].

[3] Estimado supondo-se que: (i) o custo operacional total da garra traçadora, tal como reportado em Lopes (2007), é de US\$ 0,63/ m3L; (ii) as demais convenções utilizadas para converter o valor em 2008 R\$ são as mesmas referidas em [1].

[4] Estimado supondo-se que: (i) o custo operacional total do forwarder é de US\$ 1.74 / m³L, em 2004 R\$. Trata-se do número obtido para um esquema de colheita que utiliza o Feller Buncher, a partir do cálculo da média para o custo operacional ao longo de três condições de terra, em termos de densidade florestal. As densidades florestais levadas em conta não superam 190 m³L / ha, de acordo com Minette et al (2004); (iii) a taxa de câmbio tomada como base para 2004 é de US\$ 0,38/ R\$ (BACEN: 2009).

[5] Obtido como soma dos custos operacionais, tal como feito por Lopes (2007).

[6] Estimado tal como descrito nas notas [1]-[4], mas supondo uma densidade florestal de 200 m³L / ha, o que implica em diferentes custos operacionais (Lopes: 2007), exceto para o caso do forwarder.

Tabela A.5

[+] Conforme informado por “#3” (2008d).

Tabela A.6

[+] Tal como informado em “#1” (2008d), em que se inclui os dispêndios na manutenção dos fornos de carbonização, gastos com mão-de-obra, água, energia elétrica e outros insumos, bem como a contratação de serviços de carga e descarga mecanizada de caminhões de transporte de lenha e carvão.

Tabela A.7

[1] Tal como informado por “#3” (2008d).

[2] Trata-se do produto do preço de um forno pelo número de fornos por planta, dividido pela vida útil do forno de carbonização. Supõe-se, pois, uma depreciação linear do montante investido em fornos de carbonização.

[3] Convencionou-se que os demais custos fixos, referentes à instalação da infraestrutura da unidade de produção de carvão, correspondem a 10% do investimento nos fornos que integram tal unidade de produção.

[4] Trata-se da razão do cômputo do investimento em fornos e do investimento em infraestrutura, pela produção de uma unidade de produção de carvão típica de “#1”. A nota [12] do anexo B explica como foi estimada a última variável.

Tabela A.8

[1] Estimado a partir de:

(a) Cálculo para a massa salarial por trabalhador, sob a hipótese de que o custo mensal de um trabalhador, para a firma, é de R\$1.800, segundo “#1” (2008e), o qual se refere ao caso da empresa “#1”. Assume-se, pois, que esse número vale para o caso da firma “#2”. Multiplicando-o por 12, chega-se ao custo anual referente à contratação de um trabalhador.

(b) Emprega-se, em uma unidade de produção de carvão vegetal da empresa “#2”, 15 trabalhadores (“#2”: 2008).

[2] Por falta de dados, supôs-se que custo referente ao emprego de insumos é o mesmo registrado para o caso de “#1” (“#1”: 2008d). Deste modo, quando os dois esquemas de carbonização forem comparados pelo custo variável médio, a diferença que porventura existir não se deverá ao gasto com insumos.

Tabela A.9

[1] Tal como informado em Sampaio et al (2007), em que se trata do mesmo forno de carbonização utilizado pela empresa PC.

[2] Segundo o diretor de engenharia da empresa “#1” (2008e), esse é o custo mínimo pelo qual o forno PP pode ser construído.

[3] Tal como informado por “#2” (2008b).

[4] Trata-se do produto do preço de um forno pelo número de fornos por planta, dividido pela vida útil do forno de carbonização. Supõe-se, pois, uma depreciação linear do montante investido em fornos de carbonização.

[5] Convencionou-se que os demais custos fixos, referentes à instalação da infraestrutura da unidade de produção de carvão, correspondem a 10% do investimento nos fornos que integram tal unidade de produção.

[6] Trata-se da razão do cômputo do investimento em fornos e do investimento em infraestrutura, pela produção de uma unidade de produção de carvão típica da empresa “#2”.

A nota [13] do anexo B explica como foi estimada a última variável.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)