

Minas do Ferro, Florestas e Rios: Impactos Ambientais da Metalurgia do Ferro no Brasil do Século XIX

Lenício Dutra Marinho Júnior ¹, Haruf Salmen Espindola ²

RESUMO

No século XIX a metalurgia do ferro a carvão vegetal se expandiu no Brasil, mais precisamente na província de Minas Gerais, principalmente concentrada junto a centros urbanos consumidores e às fontes de matéria-prima (água, minério e matas). As fábricas de ferro a carvão vegetal se encontravam concentradas na encosta leste da serra do Espinhaço, entre Ouro Preto e Serro. Qual o impacto, no século XIX, da metalurgia do ferro a carvão vegetal para a zona de Mata Atlântica da Província de Minas Gerais, na qual ela se localizou? Além de discutir a metalurgia do ferro, este artigo apresenta uma estimativa da extração de madeira para produção de carvão vegetal e uma mensuração do desflorestamento. Além da literatura sobre siderurgia a carvão vegetal, se utilizou como fonte, os trabalhos de professores e alunos da Escola de Minas de Ouro Preto (EMOP), com destaque para os alunos da primeira turma (1876-1880), que receberam a incumbência do seu diretor e professor Claude-Henri Gorceix de realizarem trabalhos de campo em toda a área em que se distribuíam as fábricas de ferro e mestres de forja. São apresentados os processos de fabricação de ferro e do carvão vegetal no século XIX, os usos da Mata Atlântica e a mensuração dos impactos para a floresta devido às técnicas e processos produtivos. Os trabalhos dos alunos e professores da EMOP indicam a possibilidade de recuperação florestal após encerrar a produção carvoeira em uma determinada área, porém o uso agrícola dessa área para culturas de subsistência e sucessivas queimadas levavam ao predomínio de pastagens, impedindo o reflorestamento e, conseqüentemente, resultando no fechamento da fábrica de ferro ou na sua transferência para outra localidade de matas. No final do século XIX e primeiras décadas do XX, a demanda de carvão vegetal pela metalurgia do ferro levou a atividade carvoeira a buscar novas áreas de florestas na bacia do rio Piracicaba, afluente do Rio Doce. Esse processo se intensificou e se estendeu ao médio Rio Doce, a partir da ação do Governo de Minas para dotar o estado de um parque siderúrgico moderno a carvão vegetal, no decorrer da primeira metade do século XX.

Palavras-chave: Metalurgia do Ferro; Fábricas de Ferro; Carvão Vegetal; Mata Atlântica.

¹ Mestre em Educação (Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, PUC-MG) e doutorando pelo Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas (Universidade Federal de Santa Catarina, PPGICH/UFSC). Professor da Educação Básica, Técnica e Tecnológica do Instituto Federal de Minas Gerais, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2432-0503>, e-mail: lenicio.junior@ifmg.edu.br

² Doutorado em História Econômica (Universidade de São Paulo, USP). Professor titular da Universidade Vale do Rio Doce (Univale), vinculado ao Curso de Direito e ao Programa de Pós-graduação Interdisciplinar em Gestão Integrada do Território (GIT/Univale), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4609-288X>, e-mail: haruf@univale.br

A Escola de Minas de Ouro Preto (EMOP), criada por Dom Pedro II, em 12 de outubro de 1876, deve sua implantação e consolidação ao geólogo e mineralogista francês, Claude-Henri Gorceix, convidado pelo imperador para esse propósito. Ele foi a figura-chave para o desenvolvimento da instituição e dos estudos geológicos, mineralógicos e metalúrgicos, não apenas em Minas Gerais, mas em todo o Brasil. Essa, inclusive, foi a intenção do Imperador, pois buscava criar as condições para o “desenvolvimento da mineração e da metalurgia” no Brasil, devendo a instituição “fornecer administradores para a exploração das minas e para as empresas metalúrgicas e engenheiros empregados pelo Estado nas diversas províncias do Império para se encarregarem das explorações geológicas e da fiscalização dos trabalhos de mineração”.³ Aluno da primeira turma, Joaquim Cândido da Costa Sena (1852-1919), ao finalizar o primeiro ano em Ouro Preto, recebeu de Gorceix a tarefa de percorrer a “região que se estende de Ouro Preto ao Serro”⁴, ou seja, deveria seguir pela estrada a muito conhecida e percorrida por diversos naturalistas, a exemplo de Saint-Hilaire.⁵

Nessa antiga região aurífera, conhecida como “zona de mato dentro” (Santa Bárbara, Barão de Cocais, Rio Piracicaba, Itabira do Mato Dentro, Conceição do Mato Dentro etc.), se concentrava a produção de ferro e a tarefa de Costa Sena seria estudar “cuidadosamente as minas de ouro e fábricas de ferro existentes neste porte da província, notando ao mesmo tempo o modo de exploração das mattas e do fabrico de carvão”⁶. São palavras do relatório de Costa Sena⁷, que se tornaram clássicas:

O solo desta provincia attrahe o olhar e a atenção do viajante, inda o mais indiferente; o minério de ferro mais rico que existe no mundo se acha espalhado por quase toda a parte, guardando em seu seio riquíssimas minas de ouro, que já por tantos anos susstentaram o luxo e esplendor da monarchia portuguesa. Com verdade se pôde dizer que **Minas é o coração do Brazil, coração de ouro encerrado em um peito de ferro.** (Grifo nosso.)

Entretanto, mesmo diante de jazidas riquíssimas, reclama o autor que:

3 José Murilo de Carvalho, *A escola de Minas de Ouro Preto: o peso da glória* (Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2010). <https://static.scielo.org/scielo-books/7j8bc/pdf/carvalho978857-9820052.pdf>, 38.

4 Joaquim Cândido da Costa Sena, iniciou o curso superior na Escola Politécnica do Rio de Janeiro, mas se transferiu para a Escola de Minas de Ouro Preto, onde se formou, em 1880, no curso de Engenharia de Minas. Joaquim Cândido da Costa Sena, “Viagem de estudos metallurgicos no centro da provincia de Minas”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, (1881): p. 95.

5 Auguste de Saint-Hilaire, *Viagem pelas provincias do Rio de Janeiro e Minas Gerais* (Belo Horizonte: Itatiaia/São Paulo: EDUSP, 1975)

6 Joaquim Cândido da Costa Sena, “Viagem de estudos metallurgicos no centro da provincia de Minas” (1881): p. 95.

7 Joaquim Cândido da Costa Sena, “Viagem de estudos metallurgicos no centro da provincia de Minas” (1881): p. 95.

Os mineiros pisavam o solo juncado de ferro, consumiam improficuamente florestas imensas e compravam depois a picareta do mineiro e a enxada do roceiro à metrópole, que, a seu turno, as recebia da Inglaterra. Nestas circunstancias, na carencia quasi absoluta de instrumentos, o desenvolvimento da indústria era impossível.⁸

Henri Gorceix, ao referir-se as fábricas de ferro, afirma: “fundam-se por toda a parte onde há água, minério e matas”⁹. Portanto, temos aqui presente os três elementos naturais que tornam estreitas a relação entre a história de Minas Gerais e a história da siderurgia no Brasil. Entretanto, as historiografias nacional e regional ao se ocupar da história da siderurgia no Brasil, pouca atenção se dedicou às implicações socioambientais dessa indústria, particularmente em relação aos impactos para a Mata Atlântica. Assim, o estudo segue a trilha aberta pela história ambiental e se propõe investigar esses impactos no século XIX, quando dominavam as fábricas de ferro e os mestres de forjas.

A quase totalidade das fábricas de ferro possuía produção limitada e estruturas simples – quando comparadas às poucas iniciativas governamentais –, mesmo assim se desenvolveram favorecidas pela disponibilidade de minério de ferro, água e as matas. A produção siderúrgica e carbonífera em Minas, no decorrer do século XIX, “encontrava-se em um patamar tecnológico inferior ao de países como França, Suécia e os Estados Unidos”, porém no que se refere a “técnica de exploração florestal” não se evidencia diferença, prevalecendo uma “apropriação desregada, supressora da floresta”.¹⁰ Warren Dean se refere a essa multiplicação das forjas, como um dos fatores que exerce pressão constante sobre a floresta tropical, na medida em que essa era considerada a fonte de “recursos combustíveis”.¹¹

Com poucas exceções prevaleciam as fundições de forno simples introduzidas pelos escravos conhecedores da metalurgia, que Gorceix definia como “processo bárbaro”¹², ao estudar as fundições comerciais, concentradas em algumas localidades. A região estudada por Gorceix e seus alunos corresponde ao Quadrilátero Ferrífero,

8 Joaquim Cândido da Costa Sena, “Viagem de estudos metallurgicos no centro da provincia de Minas” (1881): p. 96.

9 Henri Gorceix. “O ferro e os mestres de forja na provincia de Minas Gerais”, *Revista de Engenharia*, (Rio de Janeiro) 3, no. 1 (1881): p. 14. http://memoria.bn.br/pdf/709743/per709743-_1881_00001.pdf

¹⁰ Thiago Fonseca Morello. *Carvão Vegetal e Siderurgia: de elo perdido a solução para um mundo pós-Kyoto* (Dissertação em Economia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009): p. 43.

¹¹ Warren Dean, *A Ferro e Fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira* (São Paulo: Companhia das Letras, 1996).

¹² Henri Gorceix. “O ferro e os mestres de forja na provincia de Minas Gerais”, *Revista de Engenharia*, (1881).

vertente leste da serra do Espinhaço (bacia do Rio Doce). Em 1816, percorrendo a mesma região, Saint-Hilaire constatou existir em Itabira treze forjas de ferro e fábricas de ferramentas e manufatura de espingardas; em 1821, os termos de Ouro Preto, Sabará e Caeté somavam 35 fundições de ferro, empregando em média sete escravos e dois trabalhadores livres; em 1828, Jean Antoine de Monlevade começou a construir sua fábrica de ferro, no distrito de São Miguel do Piracicaba, onde hoje é a cidade de João Monlevade e funciona a grande siderúrgica ArcelorMittal Aços Longos (antiga Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira).¹³

No século XIX, as oficinas equipadas para manufaturar ou consertar objetos de ferro, conhecidas como tendas de ferreiro, se espalhavam amplamente pelas diversas cidades e vilas de Minas Gerais. Também havia o artesão ambulante que oferecia de porta em porta seus serviços e produtos (lâmparas, lâmpões, painéis, talheres, facas, facões, enxadas, foices, martelos, machados etc.). Na região em tela, algumas propriedades rurais tinham produção doméstica de ferro, porém essa tendência a autossuficiência era uma resposta ao mercado limitado de derivados de ferro. Alguns aspectos próprios da economia mineira permitiram o desenvolvimento da metalurgia do ferro, para além dos recursos disponíveis no ambiente, tais como a economia urbana, o isolamento e o custo dos transportes. Entretanto, no século XIX, esses mesmos fatores atuavam para manter esse mercado limitado a si mesmo e impedir o desenvolvimento de uma indústria siderúrgica a carvão vegetal.¹⁴

Não obstante, nosso foco são os impactos para a Mata Atlântica da metalurgia do ferro, particularmente da atividade de produção de carvão vegetal para atender a demanda das fábricas de ferro e seus derivados, no contexto da economia de Minas Gerais, no século XIX. Para elucidar essa questão, buscou-se estimar o consumo médio de carvão vegetal pela metalurgia do ferro, no intuito de verificar a área desflorestada para este fim. Para o século XIX, o objetivo de quantificar será sempre uma proposta delicada e, portanto, suscetível a questionamentos. Todavia, julgamos que os dados são suficientemente seguros, considerando que resultam dos

13 Haruf S. Espindola, *O Sertão do Rio Doce* (Bauru: Edusc, 2005): p. 362.

14 Haruf S. Espindola, *O Sertão do Rio Doce* (Bauru: Edusc, 2005).

levantamentos realizados *in loco* pelos professores e alunos da EMOP.¹⁵ Mas, por outro lado, reconhecemos a possibilidade de distorções provocadas por diferentes fatores, além daqueles específicos ligados às técnicas empregadas na fundição e carbonização nas Minas Gerais do século XIX (práticas rudimentares dos fundidores e carvoeiros). Entre os diferentes fatores, podemos destacar a diversidade arbórea da floresta atlântica na bacia do Rio Doce, as diferenças climáticas e regime de chuva, em função das grandes variações do relevo (com significativas mudanças de altitudes e solo); também estavam presentes as dificuldades de acesso e custos dos transportes.

Para quantificar, foram combinadas várias informações: média anual de produção de ferro, área de mata de cada forja, médias de consumo de carvão por tonelada de ferro, produção de carvão vegetal por hectare de floresta, coeficientes de conversão de volumes (CCV) utilizados pelo IBAMA¹⁶. Buscou-se o apoio na literatura especializada, especialmente em metalurgia e carvoejamento, para quantificar árvores por hectare em floresta atlântica primária e estimar volumes e rendimentos de madeira e carvão, bem como para se entender conceitos importantes relacionados a atividade siderúrgica e carvoeira.

Mesmo considerando a dispersão das forjas por diferentes localidades numa área extensa, a natureza itinerante da atividade carvoeira e os fatores ambientais apontados, é possível uma mensuração da devastação florestal, se não um cálculo exato, com certeza uma estimativa, uma aproximação da realidade. Para tanto, primeiro analisa-se as técnicas de produção de ferro e carvão, para então verificar-se o consumo de carvão a fim estimar a supressão florestal decorrente da atividade das forjas.¹⁷

15 A primeira turma concluiu o curso em 1880, tendo a marca de ter produção científica que equipara a publicar um Qualis A1, na atualidade, segundo José Murilo de Carvalho, "Uma instituição inovadora: a Escola de Minas de Ouro Preto", *Revista Brasileira de Inovação*, 14 (2015): p. 447.

16 IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, *Instrução normativa n.º 1, de 5 de setembro de 1996*. <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?-view=legislacao&legislacao=99308>

17 Para explicarmos a produção de ferro no século XIX é importante entendermos por técnica o modo de fazer, ou seja, a execução de todas as etapas operacionais necessária para se chegar ao resultado desejado. Não se pode confundir técnica com tecnologia que, por sua vez, significa o conhecimento por trás destas ações, dessas etapas de execução. Milton Vargas (org.), *História da Técnica e da Tecnologia no Brasil* (São Paulo: Editora da UNESP, 1994).

A PRODUÇÃO DE FERRO E CARVÃO NO SÉCULO XIX

Segundo os dados reunidos por Henri Gorceix e seus alunos, existiam em operação, em Minas Gerais, entre 110 e 120 fábricas de ferro, que juntas produziam em média 3.000 toneladas de ferro por ano. Essas fundições se espalhavam pelas vilas localizadas na área que se denomina atualmente de Quadrilátero Ferrífero, entre Ouro Preto e Serro, passando por Barão de Cocais, Antônio Dias, Itabira e Conceição do Mato Dentro. A maior concentração ficava nas localidades da bacia do rio Piracicaba¹⁸, um dos principais afluentes do rio Doce, particularmente na encosta oeste e nordeste da Serra do Caraça, nas localidades de Santa Bárbara e Rio Piracicaba. Em 1882, essa área concentrava cerca de 40% das fundições.¹⁹ A localização das forjas, conforme afirmaram Henri Gorceix e Armando Bovet, se deveu à combinação de três elementos naturais presentes e disponíveis no mesmo ambiente: minério de ferro de alto teor e de fácil extração, cobertura florestal e disponibilidade de água, além da proximidade e acesso por estradas aos centros consumidores (cidades e vilas), particularmente o maior deles, a capital Ouro Preto.²⁰

A estrutura das forjas – especialmente as de “cadinhos”²¹ – foram descritas por Costa Sena e Armando Bovet, a partir da observação direta das fábricas de ferro, que eram construídas em alvenaria, entre 4 a 7 metros de comprimento, com largura de quase dois metros e altura de 1,5 m. No interior ficavam os fornos, que variavam de dois a seis, além dos outros equipamentos necessários para a fabricação de ferro (as rodas d’água, os malhos, o forno de reaquecimento, a oficina e marcenaria). O cadinho (o forno propriamente), por sua vez, era uma cavidade cilíndrica de diâmetro entre 25 a 30 cm, com cerca de um metro de profundidade, construído com blocos de pedras de granito ou quartzo. Em um dos lados localizava-se uma porta na base do forno de 30 por 30 cm de onde se retiravam as lupas²². Durante o desenvolvimento da marcha do forno, a porta era bloqueada com o solo do próprio piso interno. Em sua base, a 20

18 Na atualidade, na Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba se concentram grandes estruturas de extração de minério de ferro, principalmente da Vale S.A., bem como uma concentração de barragens de rejeitos, alguns com nível alto de perigo de rompimento; além de reunir parte expressiva do parque siderúrgico mineiro.

19 Nilton Baeta, *A Indústria Siderúrgica em Minas Gerais* (Belo Horizonte: Imprensa Oficial, (1973).

20 Henri Gorceix. “O ferro e os mestres de forja na província de Minas Gerais”, *Revista de Engenharia*, (Rio de Janeiro) 3,1 (1881). http://memoria.bn.br/pdf/709743/per709743-_1881_00001.pdf; Armando Bovet, “A indústria mineral na Província de Minas Geraes”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto* (1883).

21 Embora houvesse em Minas no século XIX três modalidades de forjas (cadinhos, catalãs e italianas), as forjas de cadinhos foram as mais difundidas e, por essa razão, nossa ênfase concentrará na técnica empregada neste tipo de forno.

22 A lupa é o resultado da queima de minério de ferro e carvão, ainda com a presença de muitas impurezas.

cm do solo, se encontrava a ventaneira (conjunto de foles) prolongada até o orifício do forno por um algaraviz (tubo de ligação entre a ventaneira e o forno) geralmente de ferro.²³

Quanto ao processo de fundição, basicamente, consiste em extrair as moléculas de oxigênio presente no minério – além de outros resíduos (escórias) – através da utilização do monóxido de carbono (CO – agente redutor), para a obtenção de ferro metálico. Na forja, a técnica consistia em alimentar um pequeno forno, com minério e carvão vegetal (em quantidades específicas); a marcha do forno (o ritmo da queima do combustível) era controlada pela insuflação do fole ou ventaneira, acionadas manualmente, ou por rodas hidráulicas. Com o calor gerado no forno, sucedia a reação química entre o monóxido de carbono (CO – gás resultante da queima de carvão no forno) e o óxido de ferro (como a hematita – Fe_2O_3), o resultado era o ferro fundido (Fe). Nos fornos, o ferro era reduzido ainda em estado sólido – uma vez que as temperaturas não alcançavam o ponto de fusão²⁴ do minério de ferro, e sua passagem ao estado líquido (ferro líquido ou ferro-gusa) –, o metal então era retirado do forno e conduzido para o malho (martelo), onde através de fortes pancadas eram extraídas as escórias e, por fim, “forjadas” as barras de ferro; o rendimento médio era de 15 kg por corrida.²⁵

A técnica de fabricação do ferro, segundo os estudos da Escola de Minas de Ouro Preto, ocorria com o enchimento do forno de carvão, introduzindo-se algumas brasas na boca do forno e acionando o sistema de insuflação (fole ou ventaneiras) que acendia e espalhava o fogo. Sempre que o carvão diminuía seu nível era acrescida nova carga até a boca do forno. A cada nova porção de carvão espalhava-se por cima, aproximadamente um quilo de minério em pó ou triturado e úmido (o minério mais

23 Armando Bovet, “A industria mineral na Provincia de Minas Geraes”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto* (1883); Joaquim Cândido da Costa Sena, “Viagem de estudos metallurgicos no centro da provincia de Minas”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, (1881).

24 O ponto de fusão do ferro ocorre aproximadamente em 1.500°C ; quando a redução do óxido ocorre a temperaturas menores que essa, tem-se a produção de ferro sólido metálico – “lupa crua”, como definiam os fundidores. O processo de fundição das forjas não serve à fabricação de aço, pois este somente é obtido, após a fusão completa do ferro em ferro líquido (gusa).

25 A descrição do processo é baseada no “método dos cadinhos”, que representava a quase totalidade das forjas em Minas do século XIX de acordo com os estudos da Escola de Minas de Ouro Preto. Armando Bovet, “A industria mineral na Provincia de Minas Geraes”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto* (1883); Joaquim Cândido da Costa Sena, “Viagem de estudos metallurgicos no centro da provincia de Minas”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, (1881); Henri Gorceix. “O ferro e os mestres de forja na provincia de Minas Gerais”, *Revista de Engenharia*, (Rio de Janeiro) 3,1 (1881). http://memoria.bn.br/pdf/709743/per709743-1881_00001.pdf. Fernando J. G. Landgraf, André P. Tshiptschin e Hélio Golsdestein, “Notas Sobre a História Metalúrgica no Brasil (1500-1850)”, em Milton Vargas (org.), *História da Técnica e da Tecnologia no Brasil* (São Paulo: Editora da UNESP, 1994).

utilizado era o oligisto em pó, mas também havia outros tipos como o itabirito). Após uma hora e meia, aproximadamente, e repetidas cargas, deixava-se o nível do carvão abaixar e no fundo do forno concentrava-se a lupa de ferro. Retiravam-se então as lupas pela abertura na base do forno e, imediatamente, encaminhava-o ao martelo para a extração de escórias, à medida que a lupa esfriava, levava-se ao forno de aquecimento e retornava a martelagem, esse processo resultava na redução das lupas em barras de ferro.²⁶

O ferro resultante deste processo, na avaliação de Armando Bovet era de qualidade ruim, com presença de impurezas e baixo rendimento. A má qualidade do produto era explicada pela baixa qualidade do combustível, devido ao método com o qual se produzia – principalmente se fabricado através da técnica de covas – que “queima-se rapidamente” e amplia a velocidade das cargas de minério que “são imperfeitamente reduzidas” e com altos teores de impurezas.²⁷ No mesmo sentido, complementa Costa Sena que, “O carvão em grandes pedaços deixa sempre espaços, por onde o minério escoando-se facilmente, chega a parte inferior sem estar completamente reduzido, dando em resultado o que os operários chamam lupa crua”.²⁸ A qualidade inferior do ferro, portanto, estava relacionada à baixa qualidade do carvão vegetal, que também interferia diretamente no pequeno rendimento das forjas, que para cada parte de minério consumia-se entre 6 e 10 de carvão. Essa condição técnica de produção fazia do carvão vegetal o elemento mais crítico de todo o conjunto de matérias-primas necessárias para a obtenção de ferro. Dessa maneira, torna-se imperativo discutir sobre as técnicas de carvoejamento e o consumo de carvão pelas forjas, para então, quantificarmos a apropriação da floresta atlântica para este fim.

Segundo os professores da Escola de Minas, Costa Sena e Armando Bovet, o carvão para alimentar os fornos de fundição era proveniente das áreas de floresta dos próprios fabricantes. As áreas de floresta eram entregues a terceiros (os carvoeiros) que recebiam por “cargas” de carvão, em quantidade média de 80 quilos para cada

26 Armando Bovet, “A industria mineral na Provincia de Minas Geraes”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto* (1883).

27 Armando Bovet, “A industria mineral na Provincia de Minas Geraes”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto* (1883): p. 39-41.

28 Joaquim Cândido da Costa Sena, “Viagem de estudos metallurgicos no centro da provincia de Minas”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, (1881): p. 106.

animal. Infelizmente, existem pouquíssimos relatos e documentos sobre a atividade dos carvoeiros no século XIX. Contudo, sugerimos – com base nos autores citados – que os carvoeiros eram em sua maioria escravos ou libertos que viviam embrenhados na mata, em situações precaríssimas, habitando cabanas improvisadas próximas aos fornos e mudando conforme o ritmo das derrubadas. A moradia, os utensílios, parte das ferramentas, a vestimenta e a alimentação era basicamente fornecida pela floresta. Pode-se supor que o trabalho era muito rudimentar e a vida dos carvoeiros no interior da floresta era extremamente precária. O trabalho seguia as etapas do carvoejamento: derrubada, desdobra (o corte da madeira em tamanhos relativamente padronizados), baldeação (transporte da lenha para o local de carbonização), armazenamento da madeira até sua completa secagem, construção dos fornos de carvoejamento, carbonização em si (processo que durava dias), condicionamento do carvão e, finalmente a entrega das cargas às forjas.²⁹

As derrubadas das matas eram contínuas para se obter a lenha a fim de se produzir o carvão para as fábricas de ferro. A produção do carvão vegetal era realizada, na maior parte, em simples covas, que eram abertas diretamente no solo.³⁰ No século XIX, a maioria das carvoarias eram instaladas nas clareiras abertas com as derrubadas para se obter a lenha, seguindo-se de mais extração de lenha nas matas ao redor. Lenha era madeira de corte relativamente padronizada em um metro e meio, sendo o diâmetro variado, conforme a espécie e idade da árvore abatida. A lenha ficava secando por tempo específico de acordo com a espécie da árvore, estação climática do ano e quantidade. A depender da topografia do terreno, seria necessário fazer o transporte da lenha do ponto de extração, não adequado para se colocar os fornos de carvoejamento, para a localidade onde estavam instalados.

O carvão é necessário para obtenção do ferro, pois se exige concentração de carbono, insuficiente na lenha. O carvão vegetal é o resultado da redução da lenha pela queima controlada, capaz de ampliar a concentração de carbono, ou seja, trata-

²⁹ Armando Bovet, "A industria mineral na Provincia de Minas Geraes", *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto* (1883); Joaquim Cândido da Costa Sena, "Viagem de estudos metallurgicos no centro da provincia de Minas", *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, (1881).

³⁰ Diferentemente das covas, as outras modalidades de forno eram de superfície (medas, balões ou caieiras) e se difundiram no final do século XIX, em Minas Gerais. Para entender seu funcionamento ver Rogério Ribeiro de Oliveira e Joana Stingel Fraga. "Metabolismo social de uma floresta e de uma cidade: paisagem, carvoeiros e invisibilidade social no Rio de Janeiro dos séculos XIX e XX", *GEOPUC – Revista do Departamento de Geografia da PUC-Rio*, 4 no. 7 (2011): 1-18.

se de reduzir a biomassa e potencializar seu teor de carbono, aumentando significativamente o poder calorífico.³¹ Contudo, para a obtenção de ferro fundido é determinante a inserção de altas concentrações de carbono nos fornos de fundição. Com o calor provocado pela queima do combustível, o carvão libera o gás de monóxido de carbono (CO), que reage quimicamente com o minério de ferro (como a hematita, por exemplo, Fe_2O_3) resultando, por fim, em ferro fundido (Fe).³²

No último quartel do século XIX, conforme se constata em Costa Sena, a redução do uso da lenha ocorria principalmente através da técnica das covas, resultando em um carvão vegetal de baixa qualidade.³³ As cavidades tinham aproximadamente 80 cm de profundidade e entre dois e três metros de comprimento. A lenha era condicionada dentro das covas, coberta por uma camada de palha seca, e tampadas totalmente com terra. O fogo então era introduzido por um orifício feito para este fim e, tão logo se espalhava, o mesmo era fechado. Daí caberia ao carvoeiro a vigília para acompanhar a queima.³⁴

Fica evidente que a demanda por lenha era alta, considerando as técnicas de carvoejamento de baixa produtividade e o processo de fundição pelo método direto, que independentemente do tipo de forja, consumia grandes quantidades de carvão por quilo de ferro produzido. Em Armando Bovet, que participou do grupo de alunos e professores da EMOP, mobilizados por Gorceix para os estudos da metalurgia do ferro em Minas Gerais, é possível verificar a baixa produtividade dos cadinhos, tanto para o consumo de carvão, como para a quantidade de horas trabalhadas, conforme apresenta o quadro a seguir, que compara três tipos diferentes de forjas. A mais difundida das forjas (cadinho) era a menos econômica, exigindo grande quantidade de combustível e mão de obra.

Quadro 1. Relação entre o consumo de carvão por modalidade de forja.

31 Conforme explica Laércio Ossé, a carbonização, isto é, a transformação da lenha em carvão vegetal, acontece através do processo de pirólise: reação química produzida a partir da mistura da lenha, calor e baixíssimas doses de oxigênio. L. Ossé, "Lenha, carvão e carvoejamento", *Brasil Florestal*, 2 no.7 (1971):32-80.

32 Fernando J. G. Landgraf, André P. Tshiptschin e Hélio Golsdestein, "Notas Sobre a História Metalúrgica no Brasil (1500-1850)", em Milton Vargas (org.), *História da Técnica e da Tecnologia no Brasil* (São Paulo: Editora da UNESP, 1994)

33 Armando Bovet, "A industria mineral na Provincia de Minas Geraes", *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto* (1883): 39-41; Joaquim Cândido da Costa Sena, "Viagem de estudos metallurgicos no centro da provincia de Minas", *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, (1881): 106.

34 Armando Bovet, "A industria mineral na Provincia de Minas Geraes", *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto* (1883): 39-41; Joaquim Cândido da Costa Sena, "Viagem de estudos metallurgicos no centro da provincia de Minas", *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, (1881): 106.

Tipo de Forja	12 horas (produção em KG)	Consumo de carvão (% por mil quilos)	Mão de obra (Dias)
Cadinho	100	700	27
Italiana	120	550	18
Catalã	320	300	13

Fonte: Elaborada pelo autor, a partir dos dados apresentados por Armando Bovet (1883).

O economista Nilton Baeta, estudioso da indústria siderúrgica mineira, apresenta dados entre os mais confiáveis para o período. Ao tentar explicar o porquê do predomínio dos cadinhos, vê na estrutura e operação menos complexa e na menor demanda de trabalhadores os motivos, considerando o contexto de poucos capitais e falta de mão de obra, além do tamanho reduzido do mercado consumidor e dificuldades de transporte.³⁵

No quadro que segue é possível verificar a quantidade de forjas na província de Minas Gerais, em diferentes períodos, bem como a quantidade média de produção. O crescimento acentuado das forjas ocorreu na década de 1860, com tendência a redução na década de 1880.

Quadro 2. Quantidade de fundições de ferro, produção anual e consumo estimado de carvão. (Relacionamos com o consumo de carvão apresentados por Armando Bovet (1883), para acrescentar a estimativa de consumo anual.)

Ano	Nº de fábricas de ferro	Produção anual (toneladas)	Consumo anual de carvão vegetal (m ³) ³⁶
1821	31	Não informado	Não informado
1853	84	2.250	86.400
1855	64	Não informado	Não informado
1863	90 ³⁷	2.250	86.400
1864	120	Não informado	Não informado
1881	110-120	3.000	115.200
1883	80	Não informado	Não informado.
1893	100	2.000	76.800

Fonte: Adaptado de Nilton Baeta (1973)

Entretanto, e mais importante para nossa discussão, é responder à pergunta sobre os impactos dessa atividade econômica para a Mata Atlântica. É possível falar

35 Nilton Baeta, *A Indústria Siderúrgica em Minas Gerais* (Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1973).

36 Dado acrescido pelo autor (estimativas de acordo com a totalidade dos dados levantados nas pesquisas e o Coeficiente de Conversão de Volumes do IBAMA, onde um MDC equivale a dois m³ de lenha).

37 Nilton Baeta acrescenta à dezena o adjetivo “e tantas”, para se referir que havia mais de 90.

em devastação da floresta, como resultado da atividade siderúrgica no século XIX? Em primeiro lugar, se reitera que a técnica de carbonização mais difundida nas forjas – embora não impedisse – dificultava a regeneração da floresta, quando se considera a interferência de outros fatores, particularmente a presença de gramíneas africanas³⁸. A baixa produtividade e o impacto no ambiente desse processo rudimentar podem ser constatados em Costa Sena:

Este systema apresenta inconvenientes: em primeiro lugar, só na parte superior da cova ha carvão que possa servir; porque na parte inferior só se encontram cinzas; em segundo lugar o fogo aceso em aberturas praticadas a certa profundidade, no mesmo lugar que cortou-se a madeira, produz calor sufficiente para resequir e matar os troncos visinhos que deviam mais tarde fornecer madeira excellente para combustivel. É assim que nos logares em que se fabrica o carvão em covas, as florestas ainda ha pouco povoadas de gigantescas bignonias [begônias], hoje quasi completamente devastadas, só apresentam rachiticas solaneas e infezadas euphorbias! E já não é raro encontrar-se pequenas forjas cercadas de ricas jazidas de oligisto em estado de completo abandono, por não terem nas visinhanças florestas que forneçam combustivel.³⁹

No mesmo estudo, Costa Sena indica que o fabrico do carvão em covas, prejudicava o solo e destruía centenas de hectares de florestas, sendo essa a causa da diminuição do número de forjas, que se verifica nas duas últimas décadas do século XIX, devido ao fechamento e abandono provocado pela escassez de lenha.⁴⁰

No entanto, a atividade carvoeira isoladamente não pode ser responsabilizada pela devastação da floresta, considerando o maior impacto causado pelo consumo de lenha para fins domésticos e industriais (não siderúrgicos) e pela retirada da cobertura florestal para fins agrícolas. Como afirma Marcos Martins, “a contribuição dos negócios de lenha para o desmate foi elevada”⁴¹, considerando o período estudado por ele (1890-1950). Maior impacto, no entanto, foi o avanço da agricultura itinerante na direção leste, a partir do centro de Minas Gerais. O lavrador, ao abrir uma clareira, construía uma casa de pau-a-pique; no terreno, depois de queimada a massa vegetal, iniciava a plantação. Esgotado o solo, seguia mais a frente, em busca de terra de

38 Haruf S. Espindola e Ivan Jannotti Wendling. Elementos biológicos na configuração do território do rio Doce. *Varia História*, 24 (2008):177-197.

39 Joaquim Cândido da Costa Sena, “Viagem de estudos metallurgicos no centro da provincia de Minas”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, (1881): 106.

40 Joaquim Cândido da Costa Sena, “Viagem de estudos metallurgicos no centro da provincia de Minas”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, (1881).

41 Marcos Lobato Martins. “A política florestal, os negócios de lenha e o desmatamento: Minas Gerais, 1890-1950”, *HALAC*. 1,1, (2011): p. 32.

floresta.⁴² As três atividades (lenha para carvão vegetal, lenha para outros usos e agricultura itinerante) se combinam na mesma região que compõem a paisagem observada por Auguste Saint-Hilaire na viagem entre São Miguel do Piracicaba e Peçanha, passando por Itabira e Serro, que corresponde ao mesmo roteiro dos professores e estudantes da Escola de Minas de Ouro Preto: “Em vários lugares as matas ainda subsistem; em outros cederam o lugar, como sucede geralmente, às capoeiras e aos campos de capim-gordura, nos quais não se observava criação de qualquer espécie”.⁴³

A carvoaria também se constituiu como uma atividade itinerante e, combinada as outras, corroborou para o ritmo de supressão da floresta. Na prática itinerante, hipoteticamente está presente uma lógica de que no longo prazo ocorreria uma regeneração das áreas exploradas, porém outros fatores interferiram, particularmente a invasão da gramínea africana. Costa Sena cita pelo menos quatro forjas que interromperam a produção em função do esgotamento das fontes de lenha.⁴⁴ O mais provável para a previsão de recuperação da área florestal, feita pelos professores da Escola de Minas não se concretizar, foi a combinação de múltiplos processos de exploração da floresta, além da invasão das gramíneas africanas. No caso específico das fábricas de ferro, como indicado por Costa Sena (1881), pode-se afirmar que houve uma devastação da floresta, ainda que em escala espacial reduzida, uma vez que “as forjas abandonadas estavam cercadas por desertos”⁴⁵, confirmará Warren Dean.

O processo de covas gerava grande desperdício, degradação do solo e produzia carvões em grandes pedaços, que ao ser usado nas fundições geram espaços que impediam de reduzir o minério totalmente. Isso comprometia a marcha das forjas, pois a redução não se completava de forma satisfatória, além de aumentar consideravelmente o consumo do carvão vegetal e, portanto, o impacto sobre o ambiente. Como observou Costa Sena: “facilmente se vê que cada uma destas forjas consome anualmente grande parte das florestas que as circundam”. O motivo estava no fato do método de fundição ser “primitivo e bárbaro, por causa do imenso

42 Marcos Antônio Tavares Coelho, *Rio Doce: a espantosa evolução de um vale* (Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2011), 52.

43 Auguste de Saint-Hilaire, *Viagem pelas províncias do Rio de Janeiro e Minas Gerais* (Belo Horizonte: Itatiaia/São Paulo: EDUSP, 1975), 118.

44 Joaquim Cândido da Costa Sena, “Viagem de estudos metalúrgicos no centro da província de Minas”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, (1881).

45 Warren Dean, *A Ferro e Fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira* (São Paulo: Companhia das Letras, 1996), 214.

consumo que faz de carvão”⁴⁶. Como dito anteriormente, o consumo de carvão era de seis a sete toneladas de carvão para quatro toneladas de minério de ferro, produzindo uma tonelada de ferro. Isso podia ser mais, pois as forjas de cadinhos visitadas por Armando Bovet consumiam 10 toneladas de carvão vegetal para produzir uma tonelada de ferro.⁴⁷

Nesse sentido, a posse de terrenos com matas era uma necessidade dos proprietários das fábricas de ferro, como observou Costa Sena, que visitou 24 estabelecimentos, ao anotar quantidade de hectares de florestas e a localização das fábricas, como se apresenta no quadro a seguir.⁴⁸ Considerando que a produção de carvão era realizada pelo sistema de medas, no caso da fábrica de ferro de Monlevade, aceitando os dados de Costa Sena e Bovet de que um hectare de floresta rendia entre 13 e 15 toneladas de carvão vegetal, temos uma reserva de 35.750 a 41.250 toneladas de carvão, o que garantia em tese a produção de cerca de seis mil toneladas de ferro.⁴⁹

Quadro 3: Relação de fábricas, lugares e áreas de florestas por hectare

Fábrica de Ferro	Lugar	Área de floresta (ha)
da dona Lucinda	Rio Piracicaba	Não informado.
do Sr. Manuel de Araújo		Não informado.
do Sr. João de Araújo		544
do Sr. João Carneiro		435
de dona Anna		669
do Sr. Vicente Augusto	Arraial de São Miguel	544
do Sr. Eduardo		450
do Sr. Francisco Ferreira		1.250
do Sr. Ignácio Pereira		Não informado.

46 Joaquim Cândido da Costa Sena, “Viagem de estudos metallurgicos no centro da provincia de Minas”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, (1881): 207, 105.

47 Obviamente, algumas forjas optaram pela técnica de carbonização por medas, considerada mais econômica (as fábricas de Monlevade e Gandarela, por exemplo), e embora algumas soluções técnicas para os problemas fossem conhecidas e sugeridas pelos professores da Escola de Minas de Ouro Preto, não havia por parte dos proprietários de forjas interesse ou estímulo ao aumento da produtividade. Qualquer incremento na complexidade da técnica de produção era desconsiderado. Armando Bovet, “A industria mineral na Provincia de Minas Geraes”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto* (1883). 43; Nilton Baeta, *A Industria Siderúrgica em Minas Gerais* (Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1973).

48 Joaquim Cândido da Costa Sena, “Viagem de estudos metallurgicos no centro da provincia de Minas”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, (1881).

49 É interessante mencionar que na década de 1930, onde era a fábrica de ferro de Monlevade, foi construída a usina siderúrgica da Companhia Belgo-Mineira, tornando-se a maior produtora de ferro e aço a carvão vegetal do mundo. Nas duas décadas seguintes a Belgo-Mineira se tornou a maior proprietária de terras (florestas) no médio rio Doce. Joaquim Cândido da Costa Sena, “Viagem de estudos metallurgicos no centro da provincia de Minas”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, (1881); Armando Bovet, “A industria mineral na Provincia de Minas Geraes”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto* (1883); Werner Baer, *Siderurgia e Desenvolvimento Brasileiro* (Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1970); Marcos Antônio Tavares Coelho, *Rio Doce: a espantosa evolução de um vale* (Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2011).

Fábrica de Ferro	Lugar	Área de floresta (ha)
do Sr. Capitão Vicente Pessoa		1.500
da dona Luiza		N.I.
de Monlevade		2.750
do Girau	Itabira do Mato Dentro	1.100
Forja da Onça		825
do tenente João Martins	Serro (Gaspar Soares, atual Morro do Pilar)	Não informado.
do coronel Antônio Rodrigues		2.500
do tenente Jorge		1.600
do Sumidouro	Conceição	Não informado.
do Sr. Joaquim Baptista		“não muito extensas”
do capitão Modesto		“abundante”
do Sr. Eduardo Feliz		“boas matas”
do Cubas		1.650
do Português		Não informado.
do capitão Domingos		550
24 fábricas		5 lugares

Fonte: Elaborada pelo autor, a partir dos dados apresentados por Costa Sena (1881)

Diante do exposto, perguntamos: é possível calcular o quanto da floresta atlântica era impactada em razão da atividade das forjas no século XIX? Para muitos especialistas – inclusive historiadores ambientais – o resultado seria impreciso, em razão das origens diversas dos dados, da falta de padronização das técnicas de produção de ferro e carvão vegetal, da diversidade da floresta atlântica e da dispersão das espécies de árvores. Entretanto, considerando ser útil à história ambiental, centramos nosso esforço na combinação de dados informados por várias fontes, as técnicas utilizadas e a conversão dos sistemas de volumes e medidas disponíveis a fim de estimar o desflorestamento resultante da metalurgia do ferro no século XIX.

O CÁLCULO DO DESFLORESTAMENTO PARA ATENDER A PRODUÇÃO DE FERRO NO SÉCULO XIX

Como foi mencionado anteriormente, os professores da Escola de Minas de Ouro Preto encontraram nos seus trabalhos de campo, com algumas exceções, fábricas de ferro que queimavam de seis a dez toneladas de carvão vegetal para produzir uma tonelada de minério de ferro. Na produção do carvão vegetal, a

qualidade e quantidade podiam se alterar significativamente, devido as técnicas rudimentares, método de carvoejamento e diversos outros fatores, tais como: tipo de madeira, localização das carvoarias, estação do ano, a condição do tempo durante o processo de produção, o cuidado com a secagem da lenha e a umidade e granulometria das cargas de lenha. Como vimos, a condição localizacional também afetava a produtividade em função da exposição da lenha à umidade devido à demora e precariedade do transporte e, da mesma forma, afetava o carvão vegetal produzido, antes de ser usado pelas fundições.⁵⁰

Costa Sena e Bovet, acrescentam aos aspectos ambientais e técnicos indicados acima uma outra limitação: a inexperiência de fundidores na condução da marcha do forno, cuja imperícia potencializava os fatores de desperdício de carvão vegetal.⁵¹ Warren Dean, utilizando fontes semelhantes às que aqui são usadas, apontou para a década de 1860 (auge da produção das forjas) uma produção de quatro mil toneladas por ano de carvão vegetal, sendo que para o período do Império, seriam cerca de 180 mil toneladas. Nessa década teriam sido 40 km² de área desflorestada, estimando em “mais de 2 mil km² desde a independência até a República”. O autor considera que as “florestas secundárias” prevaleciam na região, “já que a floresta original fora sacrificada na busca do ouro”. Considerando que a “densidade média tenha sido de meia tonelada por m³”, seriam aproximadamente “100 toneladas de madeira por hectare”.⁵² Com base nos trabalhos dos professores e alunos da Escola de Minas, podemos sugerir estimativas confiáveis da produção de carvão, tendo em vista o trabalho de campo realizado por eles junto às forjas e carvoarias. Costa Sena e Armando Bovet, por exemplo, levantaram *in loco* algumas diferenças na qualidade e rendimento de carvão entre o sistema de carvoejamento de covas e medas.⁵³

Quadro 4. Rendimento e Qualidade do Carvão Vegetal por Hectare de Acordo com a Modalidade de Carbonização

50 Localizada a produção na região serrana da bacia do rio Doce, na serra do Espinhaço, desde Mariana até o Serro, ficava inserida nas áreas mais chuvosas e úmida da bacia. A parte da bacia que corresponde ao médio rio Doce, no que se denomina Vale do Rio Doce propriamente dito, localizam-se as menores precipitações e umidade. Fábio M. Cruz e Fulvio Cupilillo. *Zoneamento Climatológico da Bacia do Rio Doce: subsídio à gestão de recursos hídricos* (Governador Valadares: IFMG (TCC), 2016). https://www.ifmg.edu.br/governadorvaladares/pesquisa/laboratorio-de-climatologia/tccs/versao_26_01_2016_corrigido.pdf. 17.

51 Joaquim Cândido da Costa Sena, “Viagem de estudos metalúrgicos no centro da província de Minas”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, (1881); Armando Bovet, “A indústria mineral na Província de Minas Geraes”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto* (1883).

52 Warren Dean, *A Ferro e Fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira* (São Paulo: Companhia das Letras, 1996), 213.

53 Joaquim Cândido da Costa Sena, “Viagem de estudos metalúrgicos no centro da província de Minas”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, (1881); Armando Bovet, “A indústria mineral na Província de Minas Geraes”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto* (1883);

Técnica de carbonização	Covas	Medas
Volume de carvão (tonelada)	8 a 10,5 toneladas	13 a 15 toneladas
Qualidade do carvão	Leve, disforme e quebradiço	Duro e uniforme

Fonte: Elaborada pelo autor, a partir dos dados apresentados por Costa Sena Armando Bovet.

Utilizando-se os dados indicados no quadro acima se chega a números divergentes em relação ao autor de *A Ferro e Fogo*, Warren Dean. Considerando a produção anual média de 2.250 toneladas de ferro (conforme quadro 2), e que para cada quilo utilizava-se seis quilos de carvão (considerando a menor média informada pelas fontes), seriam necessários aproximadamente 13 milhões e meio de quilos de carvão em um ano (13,5 mil toneladas). Aceitando que a conversão de uma tonelada de carvão vegetal equivale a 3,2 metros cúbicos de carvão (MDC), têm-se o total de 43.200 MDC por ano. Esse dado, quando convertido em volume de madeira, tomando por referência a conversão de um MDC em dois m³ de lenha, temos o consumo de 86.400 m³ de lenha por ano. O que, em resumo, significou a supressão de mil hectares de floresta anualmente (ou 10 km²).⁵⁴ Indo mais adiante, concordando com os números até aqui indicados, pode-se inferir, que a partir do recorte temporal analisado por Nilton Baeta, entre 1821 a 1893 (72 anos), se chegaria a um número menor que o apontado por Warren Dean,⁵⁵ ou seja, um total de 720 km² de área devastada, ou 72.000 de hectares. Se consideramos a densidade média de árvores em floresta primária de mata atlântica de 635 árvores por hectare, teremos o total de 635 mil árvores derrubadas por ano.⁵⁶

Esses números refletem as limitações do capital investido; reduzida escala da produção e técnicas rudimentares da metalurgia do ferro no século XIX. Nesse sentido, pode-se afirmar que a produção de carvão representou um impacto significativo e permanente, com a supressão florestal, se considerarmos as áreas geográficas nas quais se localizaram as fábricas de ferro e a produção carvoeira.

54 IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, *Instrução normativa n.º 112, de 21 de agosto de 2006*. <https://www.ibama.gov.br/componentlegis-lacao/?view=legislacao&force=1&legislacao=-112652>;

55 Nilton Baeta, *A Indústria Siderúrgica em Minas Gerais* (Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1973)

56 Se considerarmos que um hectare plantado com floresta de eucalipto tem 1.500 árvores, significa que essa quantidade de árvores (635.000), se fosse de eucalipto demandaria cerca de 424 hectares. Como na floresta nativa ou secundária nem todas as árvores se prestam a fazer o carvão, logo demandaria uma área maior de exploração. Na década de 1930, essa diversidade da floresta tropical era vista negativamente quando comparada as florestas temperadas mais homogêneas e, nos trópicos, os reflorestamentos com eucaliptos seriam a solução. Thiago Igor F. Metzker, *Estudo sobre a dinâmica e os estoques de carbono da mata atlântica do Parque Estadual do Rio Doce – Minas Gerais, Brasil* (Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007).

Acrescenta-se aos impactos dessa atividade industrial aqueles produzidos por outros fatores combinados, a introdução de novos elementos biológicos, particularmente a introdução das culturas de subsistência e a invasão de espécies exóticas de capim africano, que terminavam por predominar na paisagem. Esse fenômeno havia sido observado pelo naturalista francês Auguste de Saint Hilarie, em sua viagem pela província de Minas Gerais (1816-1817), quando percorreu o trecho de Ouro Preto a Peçanha, passando pela Vila do Príncipe (Serro).⁵⁷ A supressão da cobertura florestal e o domínio da paisagem por gramíneas africanas resultaram no fechamento das forjas, pois os custos de obtenção do carvão se tornaram inviáveis.

Contudo, não se pode afirmar que a atividade metalúrgica gerou uma situação de colapso ambiental. Quando ampliamos a escala geográfica, o desflorestamento não teve um alcance muito expressivo (se considerarmos apenas os efeitos da metalurgia), por exemplo, na região da encosta da serra do Espinhaço (Quadrilátero Ferrífero). Para se ter uma ideia, a sub-bacia do Rio Piracicaba – centro produtor mais importante no século XIX – abrange o total de 5.465 km² de área coberta predominantemente pelo bioma da floresta atlântica.⁵⁸ Por sua vez, o quadrilátero ferrífero tem área total de aproximadamente 7.000 km². Entretanto, se no século XIX não se pode assegurar uma situação de colapso ambiental, no século seguinte, com o advento da siderurgia integrada de ferro e aço, a situação se alterou. O advento dos altos-fornos exigiria níveis muito maiores de matérias primas, particularmente, de carvão vegetal. E a pressão sobre a floresta difundiu-se por toda a bacia do Rio Doce.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estrutura e técnicas do sistema de produção das fábricas de ferro, em sua quase totalidade com fornos de lupa, combinadas às técnicas da carvoaria, ao ambiente em que se localizavam e ao contexto socioeconômico e cultural⁵⁹ no qual se

⁵⁷ No trecho entre Vila Rica e Vila do Príncipe, as florestas deram lugar às pastagens de capim-gordura. Não se vislumbra nenhum sinal de cultura e “mal se avista uma vaca de longe em longe”, “por toda a parte tem-se sob os olhos o aspecto do deserto, e muitas vezes, o do abandono”. Auguste de Saint-Hilaire, *Viagem pelas províncias do Rio de Janeiro e Minas Gerais* (Belo Horizonte: Itatiaia/São Paulo: EDUSP, 1975), 130.

⁵⁸ Na vertente oeste da serra do Espinhaço predomina o bioma Cerrado, sendo que nas terras altas na serra, propriamente dita, se faz presente os campos de altitude (campos rupestres).

⁵⁹ Havia um sentido positivo no desflorestamento, particularmente referente ao Vale do Rio Doce, que estava presente em Dom Rodrigo José de Menezes, governador da capitania de Minas Gerais (1780-1783), pois se acreditava que a “devastação das matas” promoveria o saneamento e

inseririam, quando somados, não permitiam à regeneração florestal e a possibilidade de manter uma produção de carvão de longo prazo. Conforme indica Sena (1881), tecnicamente a derrubada poderia ser seguida da regeneração florestal, que ocorria entre 12 e 20 anos, a depender das condições do solo e clima, porém a possibilidade de recuperação não se concretizava.⁶⁰ Ele observa que a floresta jamais se regenerava a contento, mesmo existindo leis nesse sentido e com a intenção e esforços dos proprietários. Era comum aproveitar as clareiras das derrubadas para o cultivo de cereais ou criação de gado, o que também impossibilitava a regeneração florestal. Nesse sentido, a atividade carvoeira era um gatilho para a supressão florestal e de forma “sistemática”, como sugeriu a revista *O Observador Econômico e Financeiro*:

Mas, a devastação systematica das poucas reservas florestais de toda aquela região não podia durar muito, mesmo porque não é de hoje que os fornos de guza ali installados queimam carvão dia e noite. Aos poucos as mattas foram desaparecendo, se afastando das sedes industriaes; seu desaparecimento elevou o valor, e o seu afastamento, o custo do transporte.⁶¹

No final do século XIX cresceu o discurso de que era preciso garantir as reservas florestais para o desenvolvimento da metalurgia do ferro, bem como implantar um sistema racional de produção de carvão. Muito pouco mudou na primeira metade do século seguinte, como se pode ler na revista *O Observador Econômico e Financeiro*:

Mas, alli [Vale do Rio Doce] ninguém replanta. A matta que se refaça por si mesma! As successivas queimadas destroem o humus e a insignificante nitrificação produzida pelas cinzas e chuvas não favorece novos elementos chimicos para adubação. A vegetação que expontaneamente cresce, depois da destruição pelo fogo, não chega jamais á pujança da floresta primitiva (...).⁶²

A floresta era uma reserva carbonífera para os interesses econômicos de Minas Gerais, transformada em recurso natural pelo potencial que suas árvores possuíam para se converterem em carvão para a siderurgia. Assim, pode-se afirmar que se estabeleceu uma cultura que identifica e valora a floresta enquanto recurso

possibilitaria implantar a agricultura. Essa tese ainda prevalecia nas primeiras décadas do século XX, como se pode constar em Gonzaga de Campos. Luiz Felipe Gonzaga de Campos. *Informações sobre a Indústria Siderúrgica* (Rio de Janeiro: Empreza Brasil Editora, 1922), 46.

60 Joaquim Cândido da Costa Sena, “Viagem de estudos metallurgicos no centro da provincia de Minas”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, (1881).

61 O ferro no Brasil. *O Observador Econômico e Financeiro*, 26, (1938): 94.

62 O ferro no Brasil. *O Observador Econômico e Financeiro*, 26, (1938): 94.

importante para a economia.⁶³ Nessa ótica, para os grupos defensores da metalurgia do ferro, a floresta era um imenso estoque de biomassa que poderia alimentar as forjas por tempo indeterminado, se fossem aproveitadas racionalmente. Essa nova mentalidade era expressa pela Escola de Minas de Ouro Preto, ou seja, a floresta como reserva carbonífera.⁶⁴ Isso corrobora a constatação de Warren Dean de que “o que estava realmente em jogo não era a terra, ou a propriedade”, mas “a biomassa viva das árvores (...)”.⁶⁵

Esta preocupação com as “reservas carboníferas” tem uma continuidade na história de Minas Gerais, sendo indissociável da história da siderurgia no Brasil. Preocupação que expressa uma clara distinção entre uma devastação necessária de outra negativa, sendo a primeira associada à economia mercantil e a segunda se referindo aos posseiros com sua agricultura de subsistência. Na década de 1920, com o início da constituição do parque siderúrgico moderno, em Minas Gerais, essa diferenciação ganhou centralidade. Gonzaga de Campos não poderia ser mais claro a esse respeito: “A *devastação* das matas, nesse caso (siderurgia) merecerá antes o nome de *melhoramento*”.⁶⁶

Das fábricas de ferro do século XIX às grandes siderúrgicas implantadas na primeira metade do século XX, o carvão utilizado era de origem vegetal, extraído principalmente da Mata Atlântica, da bacia do Rio Doce, em Minas Gerais. A fabricação do ferro exigia um consumo excessivo de carvão vegetal, tendo em vista as técnicas de fundição e de carvoejamento praticadas. Por essa razão, a floresta era o recurso determinante para o sucesso da produção de ferro, sendo que seu desaparecimento

63 José A. Drumond, A História Ambiental: temas, fontes e linhas de pesquisa. *Estudos Históricos*, 4, 8 (1991): 177-197; Enrique Leff. *Ecologia, capital e cultura: a territorialização da racionalidade ambiental* (Petrópolis: Vozes, 2009).

64 No século XX, ao interesse da siderúrgica pelas áreas florestais do Vale do Rio Doce, se agregaram os interesses da indústria da madeira, que se multiplicou na região, a partir da década de 1930. Haruf S. Espindola, J. C. P. P. Morais, B. P. Aquino, D. J. M. Guimarães e N. L. Siqueira, “Expansão do capital e apropriação de terras florestais no processo de industrialização do Brasil (1891-1960)”, *Cescontexto*, 1 (2013): 260-296.

65 Warren Dean, *A Ferro e Fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira* (São Paulo: Companhia das Letras, 1996), 230-231.

66 Luiz Felipe Gonzaga de Campos, que estudou na Escola de Minas (1876-1880), em 1881 entrou para a primeira equipe da Comissão Geográfica e Geológica de São Paulo, criada por Orville Derby. A noção de devastação utilizada no século XIX, por diferentes autores, serve para criticar o que denominavam de uso irracional, referindo-se aos lavradores que praticavam a coivara para produção de culturas de subsistência. Isso era visto como um desperdício que comprometeria o desenvolvimento industrial futuro. Também se enquadra na visão positiva da devastação das florestas nativas, a ideia de substituição por floresta plantada de eucalipto, pois seria suprimir o caos e estabelecer uma ordem racional. Outra abordagem que precisa ser considerada, referente ao século XIX, ou primeiras décadas do XX, é a relação entre floresta e doenças (teoria dos miasmas), no qual a devastação das matas era vista como um elemento positivo para sanear e permitir seu desenvolvimento. Luiz Felipe Gonzaga de Campos. *Informações sobre a Indústria Siderúrgica* (Rio de Janeiro: Empresa Brasil Editora, 1922). 13.

causava o fechamento das fábricas de ferro, mesmo havendo disponibilidade de minério e água.

As fontes utilizadas, tanto para o século XIX como para o XX, oferecem pouca atenção ao trabalho e trabalhadores da carvoaria e seu cotidiano. A atenção se concentra basicamente em questões de natureza econômica: sobre a disponibilidade de matas para a produção do carvão vegetal, ou seja, se seriam suficientes para garantir a continuidade da produção siderúrgica; sobre a utilização do carvão mineral, se a siderurgia deveria ficar junto às fontes de minério de ferro ou instaladas no litoral, para receber o carvão mineral importado; entre outras.

Nosso estudo deve ser encarado como uma contribuição, por representar esse esforço de quantificação do impacto da atividade siderúrgica para a Mata Atlântica, no viés da história ambiental, utilizando os dados dos professores da Escola de Minas de Ouro Preto. No século XIX, embora a siderurgia a carvão vegetal não seja a causa principal e muito menos exclusiva da devastação da floresta atlântica na bacia do rio Doce, não resta dúvida sobre seu impacto para o que se chamava “devastação das matas”, ao ponto de essa não poder se recuperar e fábricas de ferros se verem obrigadas a encerrarem a atividade. Fica evidente na documentação a combinação de fatores ambientais, socioeconômicos e culturais que impossibilitavam a regeneração da floresta, que teoricamente poderia ocorrer se houvesse apenas a atividade carvoeira.

A siderurgia do século XIX, a “era das fábricas de ferro”, foi precursora da grande siderurgia mineira do século XX, que também se baseou no carvão vegetal. As grandes siderúrgicas se localizaram, principalmente, na bacia do Rio Doce, pelos mesmos motivos que foram apontados por Henri Gorceix (disponibilidade combinada de minério, água e matas) acrescidos da Estrada de Ferro Vitória a Minas, pertencente a Vale S.A. Esperamos com esse trabalho, abrir caminho para fortalecer os estudos sobre a siderurgia, carvoaria e seus impactos socioambientais, no campo da história ambiental.

REFERÊNCIAS

Alexandre Mendes Cunha, “A diferenciação dos espaços: um esboço de regionalização para o território mineiro no século XVIII e algumas considerações obre o redesenho do espaço econômico na virada do século”, *Seminário sobre a Economia Mineira*, 2002. [https://diamantina.cedeplar-.ufmg.br/portal/download/diamantina-2002/D18.pdf](https://diamantina.cedeplar.ufmg.br/portal/download/diamantina-2002/D18.pdf)

Armando Bovet, “A industria mineral na Provincia de Minas Geraes”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto* (1883).

Athos de Lemos Rache, *Contribuição ao Estudo da Economia Mineira* (Rio de Janeiro: Editora José Olímpio, 1957)

Auguste de Saint-Hilaire, *Viagem pelas províncias do Rio de Janeiro e Minas Gerais* (Belo Horizonte: Itatiaia/São Paulo: EDUSP, 1975)

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estaística, *Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura* 2018. Rio de Janeiro, v. 33, p. 1-8, 2018. https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2018_v33_informativo.pdf.

EMBRAPA, *Panorama atual da produção de carvão vegetal no Brasil e Cerrado* (Planaltina, DF: Embrapa Cerrado, 2007). https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC2009/8620/-1/doc_197.pdf.

Enrique Leff. “Vetas y vertientes de la historia ambiental latinoamericana: una nota metodológica y epistemológica”, *Varia História*, 21, no. 33 (2005):17-31, http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010487752005000100002&lng=en&nrm=iso

Enrique Leff. *Ecologia, capital e cultura: a territorialização da racionalidade ambiental* (Petrópolis: Vozes, 2009)

Fernando J. G. Landgraf, André P. Tshiptschin e Hélio Golsdestein, “Notas Sobre a História Metalúrgica no Brasil (1500-1850)”, em Milton Vargas (org.), *História da Técnica e da Tecnologia no Brasil* (São Paulo: Editora da UNESP, 1994), 107-129.

Gustavo Barros. “O desenvolvimento do setor siderúrgico brasileiro entre 1900 e 1940: Crescimento e substituição de importações”, *Estudos Econômicos*, 45 (2015): p. 153-183.

Haruf S. Espindola e Ivan Jannotti Wendling. Elementos biológicos na configuração do território do rio Doce. *Varia História*, 24 (2008): p. 177-197.

Haruf S. Espindola, J. C. P. P. Moraes, B. P. Aquino, D. J. M. Guimarães e N. L. Siqueira, “Expansão do capital e apropriação de terras florestais no processo de industrialização do Brasil (1891-1960)”, *Cescontexto*, 1 (2013): p. 260-296.

Haruf S. Espindola, *O Sertão do Rio Doce* (Bauru: Edusc, 2005)

Henri Gorceix. “O ferro e os mestres de forja na província de Minas Gerais”, *Revista de Engenharia*, (Rio de Janeiro) 3, no. 1 (1881). http://memoria.bn.br/pdf/709743/per709-743_1881_00001.pdf

Humberto Bastos, *A Conquista Siderúrgica no Brasil* (São Paulo: Livraria Martins Editôra, 1959)

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, *Instrução normativa n.º 112, de 21 de agosto de 2006*. <https://www.ibama.gov.br/-componentlegislacao/?view=legislacao&force=1&legislacao=112652>.

Isa B.D. de Castro Sena, Fábio M. Cruz e Fulvio Cupolillo. *Zoneamento Climatológico da Bacia do Rio Doce: subsídio à gestão de recursos hídricos* (Governador Valadares: IFMG (TCC), 2016). https://www.ifmg.edu.br/--governadorvaladares/pesquisa/-laboratorio-de-climatologia/tccs/versao_26_01_2016_corrigido.pdf.

Joaquim Cândido da Costa Sena, “Viagem de estudos metallurgicos no centro da provincia de Minas”, *Annaes da Escola de Minas de Ouro Preto*, (1881).

José A. Drumond, “A História Ambiental: temas, fontes e linhas de pesquisa”, *Estudos Históricos*, 4, 8 (1991): p. 177-197.

José Murilo de Carvalho, “Uma instituição inovadora: a Escola de Minas de Ouro Preto”, *Revista Brasileira de Inovação*, 14 (2015): p. 443-450.

José Murilo de Carvalho. *A escola de Minas de Ouro Preto: o peso da glória* (Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2010). <https://static.scielo.org/-scielobooks/7j8bc/pdf/carvalho-9788579820052.pdf>

Laércio Ossé, “Lenha, carvão e carvoejamento”, *Brasil Florestal*, 2, 7 (1971): p. 32-80.

Luiz Felipe Gonzaga de Campos. *Informações sobre a Indústria Siderúrgica* (Rio de Janeiro: Empreza Brasil Editora, 1922)

Marco Antônio Tavares Coelho, *Rio Doce: a espantosa evolução de um vale* (Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2011)

Marcos Lobato Martins. “A política florestal, os negócios de lenha e o desmatamento: Minas Gerais, 1890-1950”, *HALAC*. 1,1, (2011): p. 29-54

Milton Vargas (org.), *História da Técnica e da Tecnologia no Brasil* (São Paulo: Editora da UNESP, 1994)

Nilton Baeta, *A Indústria Siderúrgica em Minas Gerais* (Belo Horizonte: Imprensa Oficial, 1973)

O ferro no Brasil. *O Observador Econômico e Financeiro*, 26, (1938): p. 73-96.

Rogério Ribeiro de Oliveira e Joana Stingel Frada. “Metabolismo social de uma floresta e de uma cidade: paisagem, carvoeiros e invisibilidade social no Rio de Janeiro dos séculos XIX e XX”, *GEOPUC – Revista do Departamento de Geografia da PUC-Rio*, 4 no. 7 (2011): p. 1-18.

SOS MATA ATLÂNTICA - INPE. *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica, período 2018-2019. Relatório Técnico* (São Paulo, 2020)

Thiago Fonseca Morello. *Carvão Vegetal e Siderurgia: de elo perdido a solução para um mundo pós-Kyoto* (Dissertação em Economia, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009)

Thiago Igor F. Metzker, *Estudo sobre a dinâmica e os estoques de carbono da mata atlântica do Parque Estadual do Rio Doce – Minas Gerais, Brasil* (Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007)

Warren Dean, *A Ferro e Fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira* (São Paulo: Companhia das Letras, 1996)

Werner Baer, *Siderurgia e Desenvolvimento Brasileiro* (Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1970)

Iron Mines, Forest and Rivers: Environmental Impacts of Iron Factories in Brazilian Minas Gerais State in 19th Century

ABSTRACT

19th-century Brazil witnessed the rise of charcoal-based iron metallurgy, especially in the province of Minas Gerais. This growth occurred near urban areas with nearby resources of raw materials like water, ore and trees. Charcoal iron factories were concentrated at that time on the eastern slope of the Espinhaço mountain range, between two cities– Ouro Preto and Serro – built up in Brazilian gold rush of the 18th century. These iron factories were thus located in the very center of Minas Gerais's Atlantic forest. This location raises the question: What was the impact, in the 19th century of charcoal iron metallurgy on this part of Atlantic forest? This article accounts for the expansion of iron metallurgy and estimates rates of wood extraction for charcoal production as a measure of deforestation in this period. Information sources include the published literature on charcoal and steel from the Ouro Preto Mining School's research publications, with special attention to students of its first class (1876-1880). The school's director and professor – Claude-Henri Gorceix – entrusted these students to conduct fieldwork in the area in which the iron factories and forge masters were present. Next, we present 18th-century processes for manufacturing iron and charcoal, and measures of Atlantic forest use in relation to the impact of these production techniques. Mining School research publications support the possibility of forest recovery after ending the production of charcoal in a given area. But these studies do not have in mind the agricultural use of this same area for subsistence crops, alongside with successive fires. All of this activity led to the predominance of pastures, preventing reforestation. The result of forest loss was the closure of the iron factory or its transfer to another forested area. At the end of the 19th century and the first decades of the 20th, demand from iron metallurgy led the charcoal industry to occupy new forested areas down to the Piracicaba river basin near the rio Doce valley. During the first half of the 20th century, the government of Minas Gerais incentivized the development of a modern charcoal-based steel industry, which increased and expanded this process of deforestation, reaching more than 150km further into the Atlantic forest,

Keywords: Iron metallurgy; Iron Industry; Vegetal Charcoal; Atlantic Fores.

Recibido: 15/09/2021
Aprovado: 03/11/2021