

MARCOS ALCEU AMOROSO LIMA

O USO DA MECANIZAÇÃO EM UNIDADES DE PRODUÇÃO DE CARVÃO VEGETAL PARA A INDÚSTRIA SIDERÚRGICA

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista do curso de pós-graduação em Gestão Florestal do Departamento de Economia e Extensão do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná – UFPR.

Professor Orientador : Doutor Dimas Agostinho da Silva

Curitiba 2007

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1	Produção e utilização de Carvão vegetal	4
2.2	Matéria Prima	6
2.3	Relações de trabalho na produção de carvão vegetal.....	10
2.4	Tipos de fornos utilizados na produção de carvão Vegetal.....	14
2.5	Mecanização na produção de carvão Vegetal.....	15
3	MATERIAIS E MÉTODOS	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1	Proposta de metodologia para UPC's	19
4.2	Vantagens e desvantagens do forno retangular em relação aos modelos tradicionais.aspectos Sociais.....	36
5	CONCLUSÕES.....	39
6	BIBLIOGRAFIAS.....	40

ANEXOS

Modelos tradicionais utilizados para fornos de carvão Vegetal

1.1	Forno Rabo Quente empregado por pequenos produtores.....	43
1.2	Forno de encosta.....	44
1.3	Forno utilizado por siderúrgicas integradas.....	46
1.4	Forno com câmara de combustão externa.....	46
1.5	Instalação para recuperação de alcatrão.....	46

QUADROS

1	Vantagens comparativas e competitivas do setor florestal Brasileiro.....	21
2	Comparativos entre produção de carvão em fornos tradicionais e retangulares	38

O Uso da Mecanização em Unidades de Produção de Carvão Vegetal para a Indústria Siderúrgica

1. INTRODUÇÃO

A produção de carvão vegetal em escala comercial surgiu em Minas Gerais, em meados do século XIX, na região de Mariana e Ouro Preto, favorecida pela abundância de jazidas de minério de ferro e recursos florestais da Mata Atlântica. Em 1940, o Estado de Minas já respondia por 90% da produção de ferro gusa do país, posição consolidada nos anos 50, com a implantação do pólo siderúrgico do Vale do Aço. Na década de 70, Minas Gerais tornou-se o maior pólo siderúrgico a carvão vegetal do mundo (DIAS et al., 2002).

Na atualidade, o faturamento anual na cadeia produtiva da siderurgia a carvão vegetal - madeira-carvão-ferro gusa/ferro ligas-aços - é de aproximadamente quatro bilhões de dólares, arrecadando 600 milhões de dólares de impostos e empregando 120 mil pessoas. O Estado de Minas produz e consome cerca de 80% do carvão vegetal brasileiro. Estima-se que 30% do carvão utilizado no país sejam produzidos valendo-se de matas nativas, especialmente o cerrado em um processo primitivo, devastador do ambiente e da saúde dos trabalhadores (ABRACAVE, 1997; Agência Terra, 1996).

A mudança na base energética dos alto-fornos nas grandes empresas siderúrgicas do Estado de Minas Gerais, pela substituição do carvão vegetal pelo mineral nas coqueiras, a partir dos anos 90, tem acarretado repercussões sociais e econômicas importantes, gerando desemprego e tornando inúteis as florestas homogêneas de eucalipto, subsidiadas pelos órgãos governamentais (DIAS et al., 2002). Nesse ponto, é importante mencionar que, ao contrário do que ocorre na siderurgia a carvão vegetal, a siderurgia nacional baseada no coque de carvão mineral possui uma alta dependência externa. Em torno de 80% do carvão usado em nossa siderurgia a coque é importado, o que tem representado saídas anuais importantes de divisas de nosso País. O carvão mineral nacional, quantitativamente suficiente para a obtenção de coque siderúrgico, não o é qualitativamente, tendo as indústrias restrições ao seu uso, devido ao grau de impurezas, cinzas e enxofre que contém (BRITO, 1990).

O uso do carvão vegetal, responsável inclusive pelo surgimento da indústria siderúrgica em nosso País, pode ser considerado como irreversível no atendimento da demanda por insumos energéticos e redutores desse segmento industrial brasileiro.

Por outro lado, o primeiro e talvez mais importante dos problemas ligados ao carvão vegetal é o da oferta de matéria-prima para sua produção. É bastante conhecido o fato de que pelo menos metade da matéria-prima usada na obtenção de carvão vegetal em nosso País tem origem das matas nativas e áreas de cerrado (ABRAF, 2006). É fato real que a disponibilidade de material lenhoso

proveniente de florestas nativas permitiu o desenvolvimento crescente da siderurgia a carvão vegetal. A demanda de produtos agrícolas cresceu com o aumento do consumo interno e da exportação, criando fronteiras novas de produção. O conseqüente desmatamento, seja diretamente com recursos do produtor ou com financiamentos de programas do Governo, vem gerando em Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Pará e Maranhão condições para o fornecimento de madeira, que ao invés de ser simplesmente queimada, vem sendo transformada em carvão vegetal.

Independentemente desses aspectos, ocorre que a sustentação de uma importante parcela da produção siderúrgica baseada no carvão vegetal obtido de madeira de matas nativa está se tornando difícil. Com o surgimento de uma moderna Legislação Ambiental, além das fortes pressões de entidades ambientalistas, a mata nativa disponível está hoje escasseando, principalmente junto às usinas siderúrgicas, pois grande parte do desenvolvimento agropecuário já se encontra estabelecido nessas áreas. A conseqüência disso é o distanciamento cada vez maior dos pontos de produção de carvão vegetal, os quais muitas vezes estão localizados a 1.000 km dos centros de consumo. Tal situação tem levado os consumidores a empenharem-se no estabelecimento de programas de reflorestamento com espécies de rápido crescimento para o atendimento da demanda de madeira. No aspecto mais amplo do contexto nacional, os reflorestamentos destinados à produção de carvão vegetal já representavam 21 % do total dos plantios florestais no País em 2005 (ABRAF, 2006). Neste mesmo ano, de acordo com SBS (2006), a produção nacional de carvão vegetal foi 5,5 milhões de toneladas. Desse total, 2,5 milhões de toneladas (cerca de 45%) foram oriundos de florestas plantadas (contra somente 27% em 1997).

Por outro lado, na cadeia produtiva do aço, estão presentes condições de trabalho muito distintas: de um lado, as siderúrgicas certificadas segundo as normas internacionais; de outro, a precariedade das carvoarias artesanais, com utilização intensiva e predatória dos recursos florestais, exploração do trabalho em condições subumanas, incluindo crianças e adolescentes, empregando tecnologia rudimentar (DIAS et al., 2002). Os carvoeiros trabalham por produção de metros cúbicos de lenha ou carvão. Por isso, o trabalho de toda a família, inclusive o das crianças, é bem vindo. Os homens cortam e transportam a lenha nos ombros até a bateria de fornos. As mulheres ajudam os maridos a colocar lenha na fornalha. Cabe as crianças o trabalho de passar barro nas rachaduras das paredes para evitar que o forno desabe. O principal instrumento de escravização neste trabalho degradante é através da imobilização por dívida. Os trabalhadores são forçados a permanecer nas carvoarias até que terminem de pagar os débitos contraídos por estratégias fraudulentas (ZUCHI, 2000).

No final de 2005, as indústrias de base florestal, mantiveram-se alicerçadas em uma área total reflorestada de 5,6 milhões de hectares (SBS, 2006). Com maior intensidade nos últimos anos, essas empresas florestais encontram-se sob um forte escrutínio da sociedade. Essas atenções, entretanto, não se restringem apenas às questões ambientais, mas questionam também o seu papel como geradoras de desenvolvimento econômico e social. Para que o

acompanhamento adequado e racional das atividades florestais dessas indústrias corresponda às saudáveis expectativas de qualquer democracia moderna, é fundamental que uma série de critérios e procedimentos padronizados sejam adotados. De acordo com RODRIGUEZ (1998), tais procedimentos e critérios devem retratar fielmente os benefícios e desvios para que em tempo hábil se possam reconhecer tanto os méritos como as intervenções necessárias para a devida correção de rumos.

Não raras vezes a atividade de carvoejamento tem sido associada com condições desumanas de trabalho. Esta realidade deve ser modificada e no seu lugar surgir, com o emprego de novas tecnologias, uma indústria limpa e realmente sustentável e renovável, geradora de empregos dignos e de divisas num país de vocação florestal cujo próprio nome é de uma árvore vermelha: Brasil.

Nesse aspecto, o uso da mecanização em unidades de produção de carvão vegetal (UPC's) para a indústria siderúrgica pode ser uma alternativa para aumentar a rentabilidade do processo produtivo, melhorar a eficiência da utilização de matéria-prima proveniente de reflorestamentos, humanizar as relações de trabalho e, conseqüentemente, atingir a excelência da sustentabilidade, ou seja, economicamente viável, ecologicamente correta e socialmente justa.

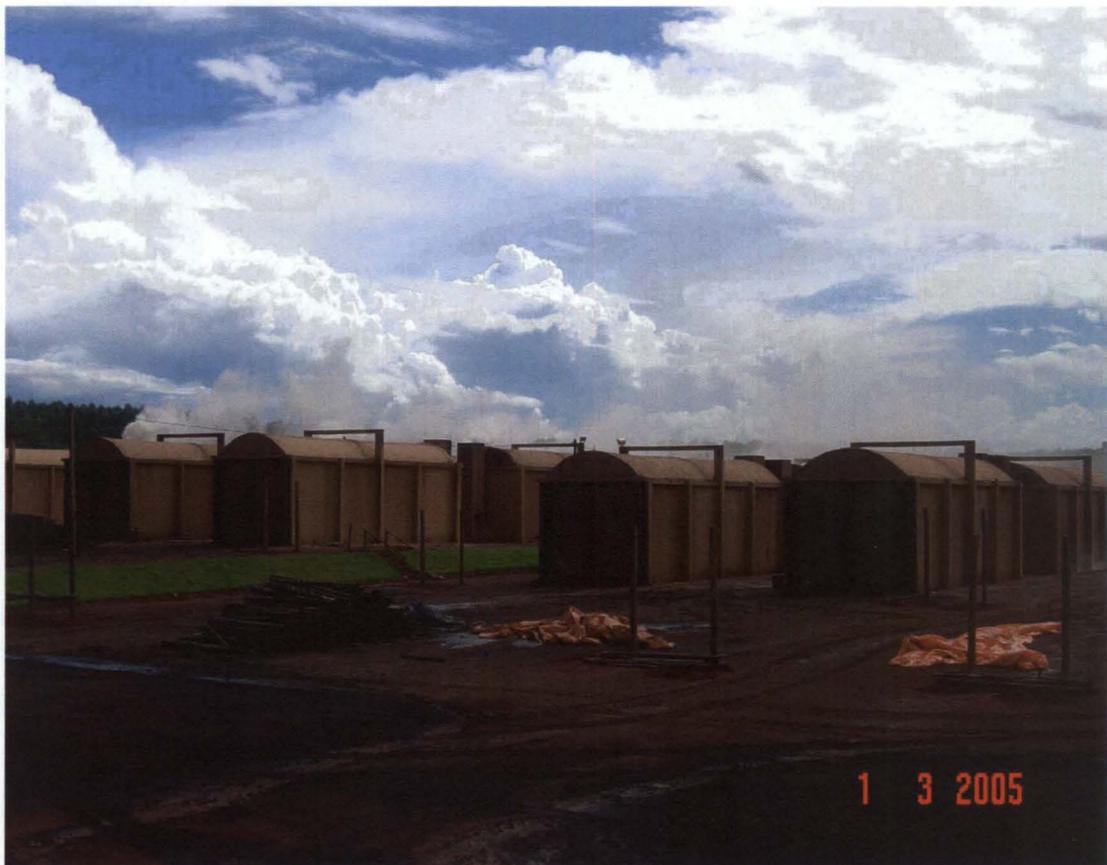


FIGURA 01- Bateria mecanizada de fornos de CV em Minas Gerais.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Produção e Utilização de Carvão Vegetal

O carvão vegetal é um combustível fabricado pelo homem desde a mais remota antiguidade. É uma importante fonte de energia termoquímica renovável sendo utilizado para fins domésticos, gasogênio, indústrias e na siderurgia. De um certo modo, o carvão nada mais é do que a lenha transformada com o objetivo de se obter mais carbono do que a madeira crua, menos ou nenhuma água, alguma matéria volátil e a menor quantidade possível de cinzas (UnB, 2007).

O uso de carvão vegetal como redutor do minério de ferro no Brasil data de 1591 em fundições artesanais para produzir ferramentas de uso agrícola na colônia (USP, 2007).

O carvão vegetal é produzido a partir da lenha pelo processo de carbonização ou pirólise. Ao contrário do que aconteceu nos países industrializados, no Brasil, o uso industrial do carvão vegetal continua sendo largamente praticado. O Brasil é o maior produtor mundial desse insumo energético. No setor industrial (quase 85% do consumo), o ferro-gusa, aço e ferro-ligas são os principais consumidores do carvão de lenha, que funciona como redutor (coque vegetal) e energético ao mesmo tempo. O setor residencial consome cerca de 9% seguido pelo setor comercial com 1,5%, representado por pizarias, padarias e churrascarias. O poder calorífico inferior médio do carvão é de 7.365 kcal/kg (30,8 MJ/kg). O teor de material volátil varia de 20 a 35%, carbono fixo varia de 65 a 80% e as cinzas (material inorgânico) de 1 a 3% (UnB, 2007; FERREIRA, 2007a; CETEC, 1982).

A carbonização de lenha é praticada de forma tradicional em fornos de alvenaria com ciclos de aquecimento e resfriamento que duram até vários dias. Os fornos retangulares equipados com sistemas de condensação de vapores e recuperadores de alcatrão são os mais avançados em uso atualmente no país. Os fornos cilíndricos com pequena capacidade de produção, sem mecanização e sem sistemas de recuperação de alcatrão continuam sendo os mais usados nas carvoarias. A temperatura máxima média de carbonização é de 500°C (FERREIRA, 2007a).

É importante notar que o rendimento em massa do carvão vegetal em relação a lenha seca enfiada é de aproximadamente 25% nos fornos de alvenaria. A recuperação do licor pirolenhoso pode chegar a 50% em massa da lenha, sendo o restante gases. O alcatrão pode ser usado como fonte de insumos químicos para a indústria através dos derivados fenólicos provenientes da degradação térmica da lignina, que podem substituir o fenol de origem fóssil nas suas aplicações em resinas e refratários. Este sub-produto do carvoejamento da lenha poderá trazer significativos benefícios para a agroindústria da

biomassa. As recentes inovações tecnológicas de pirólise rápida de biomassa otimizam a produção de alcatrão, conferindo-lhe a denominação de bio-petróleo ou bio-óleo (HOLM, 2005).

O rendimento em carvão vegetal no processo de carbonização depende da madeira e da condução do processo de carbonização. A quantidade de ar introduzida nos aparelhos de carbonização deve ser bem dosada, de modo a se obter um carvão com boas características sem que haja queima excessiva da madeira a ser carbonizada. Esse controle é feito através do acompanhamento do processo, utilizando-se como parâmetros a coloração dos gases que saem pelos orifícios e chaminés, temperatura externa das paredes e observação dos orifícios para detectar a presença de fogo. Nesses termos, pode-se concluir que o rendimento e as qualidades físico-químicas do carvão dependem bastante da habilidade dos carbonizadores, além da qualidade da madeira em uso (UnB, 2007).

Carbonização lenta a baixas temperaturas, resulta em bom volume de carvão com baixo teor de carbono fixo e maior quantidade de voláteis. Carbonização lenta a temperaturas altas resulta em menor volume de carvão, com mais carbono e menos matérias voláteis. Já a carbonização rápida produz baixo volume de carvão, pouco carbono fixo e grande quantidade de voláteis. Para se produzir um carvão com qualidade, deve-se conduzir o processo de maneira a se obter um bom volume de carvão, com elevado teor de carbono. Geralmente consegue-se isso em fornos bem construídos com carbonizadores competentes que conduzirão o processo de carbonização num ritmo adequado e com temperaturas máximas inferiores a 450°C (CETEC, 1982; BRITO, 1990; UnB, 2007). Mesmo com o conhecimento de todas essas variáveis, de acordo com CETEC (1982), o rendimento térmico na conversão madeira-carvão vegetal continua baixíssimo, em torno de 50%, com desperdício dos inúmeros subprodutos gerados na queima, como o alcatrão, ácido pirolenhoso e diversos gases que não são aproveitados.

A madeira utilizada para a fabricação de carvão vegetal deve ser derrubada, desgalhada e desdobrada em pedaços uniformes para melhor controle e condução do processo. Essa lenha pode ser obtida de florestas nativas (cerrado, mata, capoeira..), ou florestas plantadas (principalmente eucalipto). Os métodos de corte podem variar com o tipo de floresta, com a produtividade da mesma e com o custo de aplicação do método escolhido. Estes métodos podem ser manuais, semi-mecanizados, mecanizados ou mistos (MACHADO, 2002).

De acordo com UnB (2007), a madeira é um material de alta complexidade, quer do ponto de vista químico, estrutural ou anatômico. A qualidade da madeira é resultante da combinação de suas características químicas e anatômicas e a qualidade e rendimento do carvão vegetal dependem, em parte, da qualidade da madeira utilizada. No caso da utilização do carvão vegetal em siderurgia, a sua densidade é uma propriedade bastante importante, pois ela determina o volume ocupado pelo redutor no alto-forno, e madeira mais densa normalmente produz carvão mais denso. Contudo, não só a densidade, mas também a composição química da madeira, como a presença de altos

teores de extrativos de lignina, resulta em um carvão com maiores densidades e resistência físico-mecânicas. Maiores teores de carbono fixo e menores teores em substâncias voláteis e cinzas no carvão normalmente estão associados a altos teores de lignina na madeira. Como é de se esperar, diferentes espécies de árvores vão produzir diferentes tipos de madeira. A idade, o sítio, o diâmetro, a espécie, produzirão lenha de densidade e composição variável.

O maior produtor e consumidor de carvão vegetal no Brasil é o Estado de Minas Gerais pois é onde se localizam a maioria das siderúrgicas do país. O carvão é utilizado na siderurgia como termoreductor, ou seja, atua fornecendo poder calorífico ao processo e participa da redução do minério de ferro. Composto basicamente de óxido de ferro (Fe_2O_3) e impurezas, o minério de ferro necessita do carbono, presente no carvão, para que ocorra a retirada do oxigênio (redução), até atingir o estado de ferro metálico (gusa) (BRITO, 1990; UNB, 2007). Na figura 01, verifica-se uma unidade de produção de Carvão Vegetal estruturado e ativo de forma mecanizada.

De acordo com FERREIRA (2007a), a competitividade do aço no mercado mundial depende do seu custo. O carvão vegetal é um importante componente na formação deste custo e a sua produção em escala e a mecanização dos fornos tem sido fator determinante para se usar carvão vegetal, provindo de florestas renováveis. Seu concorrente, o coque mineral, produto importado, devido aos altos e baixos das taxas de câmbio, em alguns momentos tem aparecido como opção para algumas empresas, porém sem vida longa. Apesar de ter seu uso em larga escala no passado (CETEC, 1982), hoje as empresas procuram alternativas mais ecológicas, com redução de custo, socialmente justas e que não estejam sujeitas às sazonalidades do mercado (HOLM, 2005).

3.2. Matéria-Prima (Eucalipto x Florestas Nativas)

O primeiro e talvez mais importante dos problemas ligados ao carvão vegetal é o da oferta de matéria-prima para sua produção. É bastante conhecido o fato de que pelo menos 2/3 da matéria-prima usada na obtenção de carvão vegetal em nosso País tem origem das matas nativas e áreas de cerrado. É fato real que a disponibilidade de material lenhoso proveniente de florestas nativas, permitiu o desenvolvimento crescente da siderurgia a Carvão vegetal. Ocorre que a sustentação de uma importante parcela da produção siderúrgica baseada no carvão vegetal obtido de madeira de matas nativas está se tornando difícil. A mata nativa está hoje escasseando, principalmente junto às usinas siderúrgicas, pois grande parte do desenvolvimento agropecuário já se encontra estabelecido nessas áreas. Tal situação tem levado os consumidores a empenharem-se no estabelecimento de programas de reflorestamento com espécies de rápido crescimento para o atendimento da demanda de madeira. No aspecto mais amplo do contexto nacional, os reflorestamentos já conseguem suprir uma considerável parcela do volume de carvão vegetal consumido em nosso País. No entanto, algumas importantes empresas do setor siderúrgico possuem índices

que chegam a 100% de auto-suficiência. A principal espécie florestal que vem sendo cultivada é o eucalipto (BRITO, 1990).

O cultivo do eucalipto no Brasil para fins comerciais data do início do Século XX. Há discordância sobre sua utilização. GUERRA (1995), citado por GIRÃO (2003), afirma-se que tal espécie de árvore chegou ao Brasil em 1905, trazida por Edmundo Navarro de Andrade, funcionário da Companhia Paulista de Estrada de Ferro, para Rio Claro, no Estado de São Paulo. O eucalipto seria uma forma de resolver os problemas relacionados à construção das linhas férreas, servindo como dormente de madeira para os trilhos da estrada de ferro GIRÃO (2003).

De acordo com ARACRUZ (2007), o eucalipto foi empregado para atender às necessidades da Companhia Paulista de Estrada de Ferro, como combustível para suas locomotivas. Uma outra hipótese, a mais provável, é que a utilização comercial do eucalipto serviu tanto para a construção de dormentes quanto para o abastecimento das locomotivas. Como registra a empresa ARACRUZ, que iniciou seus investimentos para a produção de celulose em 1967, (...) o eucalipto chegou no Brasil em 1825 como planta ornamental. Sua utilização para fins econômicos só teve início em 1903, quando passou a ser empregado na produção de dormentes ferroviários e lenha para alimentar as locomotivas da época (ARACRUZ, 2007).

As discussões em torno do potencial econômico que poderia gerar o plantio de eucalipto foram intensificadas na segunda metade do século XX. No início de 1960, foi sediada no Brasil a Segunda Conferência Mundial do Eucalipto. Tal evento teve como função pôr em debate os possíveis benefícios que o eucalipto poderia trazer para a economia brasileira. A Conferência reuniu especialistas de todo o mundo que afirmavam que o gênero *eucalyptus* oferecia inúmeras qualidades e vantagens para a economia brasileira, principalmente porque o período de cultura da espécie era curto, garantindo uma rápida evolução da árvore, a fim de que tivesse uma utilização econômica rápida. Tal premissa adequava-se aos projetos de um rápido desenvolvimento proposto pelo governo militar. A partir de tais discussões propostas pela FAO, o governo federal criou condições para iniciar os investimentos na atividade de reflorestamento no Brasil. Foi um projeto de desenvolvimento industrial do País pautado na produção de celulose e de carvão vegetal, bem como de outros produtos advindos do eucalipto e produzidos nas indústrias química e farmacêutica (GIRÃO, 2003).

A década de 1960 foi o grande marco para os projetos de reflorestamentos com eucalipto no Brasil. Em 1962, em Minas Gerais, foi fundado o Instituto Estadual de Florestas - IEF; em 1965, criou-se o novo Código Florestal Brasileiro; e em 1966, foi promulgada uma legislação própria para atender aos projetos de reflorestamento no Brasil. A legislação garantia a aprovação de incentivos fiscais para empresas que investissem no reflorestamento com pinus e eucalipto. Em 1967 criou-se o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF (ABRACAVE, 2007). Constituiu-se, portanto, um aparato legal para que fosse possível atrair rapidamente empresas privadas para assumirem a atividade de reflorestamento, com o desígnio de instalarem

indústrias, sobretudo de fabricação de papel e de celulose no País. Com essa política pretendia -se dar "continuidade" ao processo de desenvolvimento, tendo como "alvo" para as instalações de tais fábricas os Estados que na concepção do governo federal, enquadravam-se na categoria de menos desenvolvidos tanto no aspecto econômico quanto social e que, por isso, precisavam integrar-se ao processo de desenvolvimento pelo qual atravessava o País (GIRÃO, 2003). De forma geral, as áreas delimitadas para o plantio de pinus e de eucalipto, aumentaram consideravelmente em um pequeno espaço de tempo, sendo o eucalipto o gênero mais cultivado: cerca de 80% da área citada era coberta por plantações homogêneas de eucalipto. Segundo FAO (1981), em 1966 o plantio de eucalipto e de pinus era de uma área de 400.000 ha. Em 1973 houve um aumento para 1.000.000 ha e, em 1990, chegou a atingir 6.500.000 ha, o que demonstra um grande investimento feito em um curto período (GUERRA, 1995). Em 1995 o Brasil era considerado o primeiro País do mundo em áreas reflorestadas com eucalipto, posição ocupada por meio dos grandes investimentos proporcionados pelas políticas de incentivos fiscais do governo brasileiro na década de 1960 (ABRAF, 2005).

A partir das condições legais criadas nos anos de 1960, foram possíveis a organização e a criação de projetos voltados para produção de fontes de energia, visando atender às necessidades da indústria siderúrgica que crescia no País, principalmente no Estado de Minas Gerais, considerado o centro de tal atividade. Esses projetos tornaram-se reais com a criação do Plano de Carvão Vegetal para a Siderurgia (ABRACAVE, 2007). Com a crise do petróleo de 1973, aumentaram os incentivos à produção de carvão; o fator apontado não indica que tal produção não existisse anteriormente e que não se refletia sobre esse investimento para uma produção interna de energia. O alargamento da indústria siderúrgica e da exploração mineral em sua fase de implantação no sistema econômico proporcionaria um incentivo que forçaria a produção de carvão vegetal, de lenha e de outros recursos necessários a esses complexos (BRASIL, 1975). A necessidade da indústria siderúrgica em relação à produção de carvão, como uma forma de diminuir a importação de fontes geradoras de energia, foi responsável pela estruturação de um grande maciço florestal de eucalipto.

Afirmar que a atividade carvoeira no Brasil para fins siderúrgicos aconteceu após 1973 ou em virtude da ação do PRÓ-INDÚSTRIA é negar a existência dessa atividade anteriormente. O que houve foi um incremento provocado pelo advento da crise, incentivado pela indústria siderúrgica para o desenvolvimento de sua atividade econômica. As siderúrgicas forçarão aumentos consideráveis na produção de carvão vegetal (BRASIL, 1975). Como parte de tal processo de otimização, foram realizadas pesquisas que apontaram meios para melhor potencializar os financiamentos, tornando possível o crescimento da atividade carvoeira, tendo em vista abastecer a siderurgia nacional. Uma alternativa foi explorar as florestas nativas do País, contudo, segundo BRASIL (1974), não era viável contar com a enorme extensão de floresta nativa brasileira para suprir as necessidades da produção de madeira como matéria - prima, uma vez que para realizar a exploração desse potencial natural, seria imprescindível um investimento vultoso, já que a floresta ocupava cerca de 280

milhões de ha, 30% do território nacional, sendo 82% da área de floresta concentrada na região Amazônica e somente 18 % na região Sul. A concentração desse potencial madeireiro na floresta Amazônica era inviável, em termos de investimentos, para exploração, pois não oferecia condições que facilitassem o abastecimento dos centros industriais da região Centro-Sul do País, tanto pela dificuldade de exploração quanto pelo alto custo do transporte para levar o produto até os centros consumidores de matéria-prima.

Assim, a atuação das políticas públicas, voltadas para o desenvolvimento, eram focadas segundo as possibilidades de retornos econômicos que futuramente equacionariam a contribuição das regiões com as necessidades produtivas do País. Esse retorno se daria com a implantação dos projetos das "florestas verticalizadas", explicando, assim, a formação dos grandes maciços florestais de Eucalipto, localizados nas proximidades das regiões dos centros consumidores da madeira advinda do eucalipto e transformada em carvão vegetal (GIRÃO, 2003).

Vale ressaltar que a indústria siderúrgica mineira, no período de formação do Maciço, de 1970 a 1980, já buscava formas de negociação mais rentáveis (a fim de diminuir a importação, pois importar significava maior evasão de recursos) para a compra do carvão, fonte energética, e de matéria-prima para tal atividade a menores custos. Nos anos de 1980 as instituições ligadas à questão ambiental, bem como a sociedade civil, cobraram atitudes do governo mineiro perante a devastação florestal que aconteceu no Estado. A devastação, proveniente da intensa exploração da mata nativa para a produção de carvão vegetal e de outras atividades que usavam a madeira como fonte de energia ou matéria-prima, ocorreu principalmente para sanar as necessidades da indústria siderúrgica (ABRACAVE, 2007). Em matéria produzida pela revista Ciência Hoje, pontuou-se que *"com a implantação do cultivo de eucalipto e com o carvoejamento, a paisagem de Montezuma se alterou profundamente. A substituição do cerrado por uma espécie vegetal exótica (...) impôs o fim da diversidade florística e faunística (...) em tão curto espaço de tempo"* (CARVALHO, 2002). As manifestações surtiram efeito, uma vez que a extração de madeira em Minas Gerais passou a ter maior controle. O programa de incentivos fiscais tinha a meta de reflorestar 2 milhões de ha até o ano de 1978, porém houve um entrave que não permitiu tal façanha. Os maciços começaram a invadir as áreas agricultáveis, acarretando uma disputa pelo espaço com a produção agrícola de base: arroz, feijão, milho, dentre outros produtos. O Governo Federal interveio criando o Decreto-Lei nº. 79.046, de 27 de dezembro de 1976, delimitando as áreas para plantios que fossem incentivados a partir desse período (ABRACAVE, 2007).

Desta forma, de acordo com SILOCHI (2007), as leis ambientais vigentes, que obrigam os consumidores de matéria-prima florestal a serem auto-suficientes e o advento da responsabilidade social, fizeram com que o setor, capitaneado pelas grandes siderúrgicas integradas, investisse em plantio de florestas, tendo como base o eucalipto, pela sua excelente adaptabilidade e capacidade produtiva. As siderúrgicas integradas, tendo a frente a Belgo Mineira e a Acesita, já na década de 50, plantavam eucalipto para produção de carvão

vegetal. Os plantios na década de 70, impulsionados pelos incentivos fiscais, foram realizados em grande escala, possibilitando, inclusive, que algumas indústrias atingissem a auto-suficiência em relação à madeira. O plantio de eucalipto no cerrado, a partir de 1970, tinha como meta a produtividade de 10 m³/ha/ano, um imenso ganho em relação à capacidade de produção de madeira daquele bioma, que é de 3 m³/ha/ano. O melhoramento genético, aplicado ao eucalipto, permitiu que o rendimento florestal no cerrado de Minas Gerais chegasse de 40 m³/ha/ano. Esse rendimento fantástico teve como consequência imediata facilitar as condições de mecanização da colheita e do transporte florestal.

3.3. Relações de Trabalho na Produção de Carvão Vegetal

O processo de produção do carvão vegetal é uma atividade de grande importância econômica no país, envolvendo grande massa de trabalhadores, direta ou indiretamente (PIMENTA et al., 2006). Na cadeia produtiva do aço, estão presentes condições de trabalho muito distintas: de um lado, as siderúrgicas certificadas segundo as normas internacionais; de outro, a precariedade das carvoarias artesanais, com utilização intensiva e predatória dos recursos florestais, exploração do trabalho em condições subumanas, incluindo crianças e adolescentes, empregando tecnologia rudimentar (DIAS et al., 2002).

A maneira pela qual os carvoeiros organizam o trabalho é variável: individual e solitário, ou em duplas. As principais funções no processo são as de *forneiro-carvoeiro* e de *carbonizador-barrelador*. No sistema de produção familiar, as crianças desde muito cedo, aos quatro, cinco anos, quando começam a andar com mais desenvoltura, acompanham os pais, especialmente as mães, às carvoarias e "brincam" de ajudar a encher o forno. Em torno de seis a sete anos, algumas delas já conhecem todo o processo, e aos 12, 13 anos assumem todas as tarefas, sem distinção de sexo. As mulheres são, geralmente, poupadas de algumas tarefas como o esvaziamento do forno; porém, observam-se adolescentes do sexo feminino e mulheres jovens desempenhando todas as funções, além de acumularem as responsabilidades pelas tarefas domésticas, caracterizando uma dupla jornada de trabalho. Nas carvoarias volantes, os trabalhadores moram ou ficam alojados próximos aos fornos, em instalações improvisadas, cobertas por lonas, dormem em catres e não dispõem de condições mínimas de higiene e saneamento básico. É comum uma família e alguns agregados dividirem o trabalho e a moradia. O fluxograma da produção do carvão vegetal está representado na Figura 2. O processo compreende seis fases principais, que podem ser desdobradas em etapas ou subfases. A rigor, o plantio e o cultivo do eucalipto também devem ser considerados como fases do processo (DIAS et al., 2002).

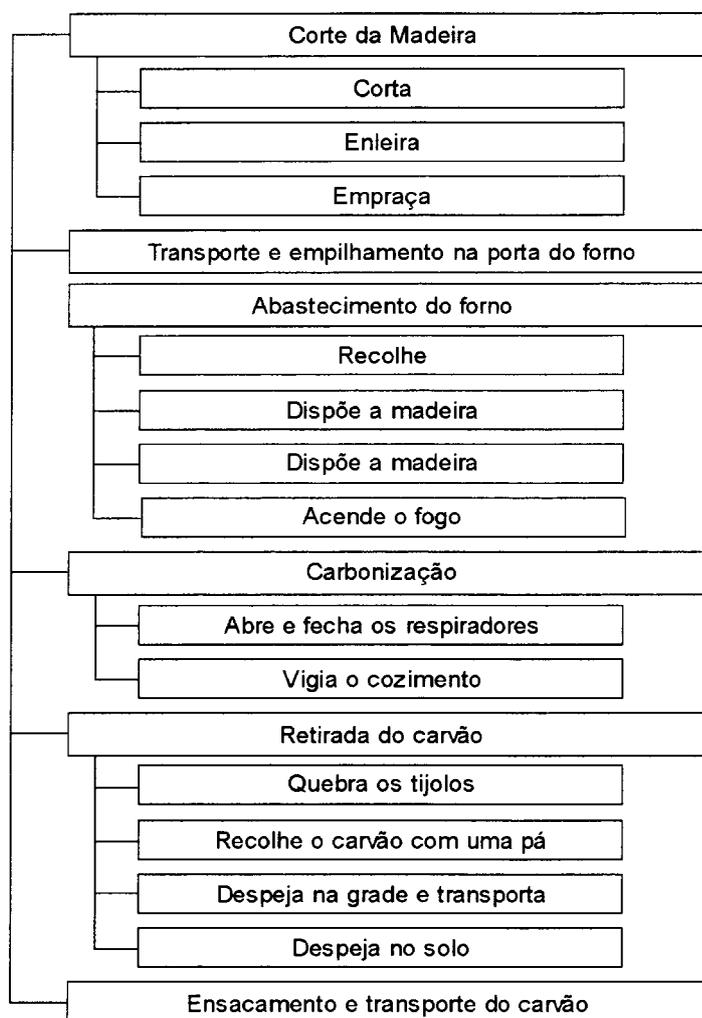


FIGURA 2 – Fluxograma da Produção de Carvão Vegetal (adaptado de DIAS et al., 2002).

De modo geral, o processo de produção de carvão se inicia com o corte da madeira da mata nativa ou de florestas homogêneas de eucalipto, utilizando ferramentas manuais como foice e machado, ou mecânicas como a moto-serra, dependendo dos recursos do empregador ou contratador do trabalho. Cortada a lenha, ela é enleirada, ou seja, os galhos são retirados deixando os troncos roliços e dispostos para secar e, assim, diminuir o seu peso. Após um intervalo de 15 a 30 dias, a lenha é empraçada, formando feixes e transportada até próximo ao forno, com o auxílio de animais de tração ou de um trator, dependendo do porte da carvoaria, e aí armazenada em pilhas (DIAS et al., 2002; MEIRA et al., 2005).

Ainda, de acordo com os autores, para o abastecimento do forno, o trabalhador executa as seguintes atividades: (a) preparo do forno; (b) transporte manual da madeira estocada na área externa até a porta do forno; (c) transporte manual da madeira da porta do forno até o interior do mesmo; (d) enchimento do forno, organizando cuidadosamente as madeiras e; (e) fechamento do forno. No preparo do forno, o trabalhador limpa o interior do mesmo, retirando completamente o carvão produzido no processo anterior, utilizando garfo, pá, enxada, rastelo e rodo. A seguir, ele dispõe folhas secas pelo chão, preparando uma espécie de "tapete", para diminuir as perdas de calor para o solo. Continuando, as peças de madeira que estão estocadas na parte externa do forno são transportadas manualmente e deixadas perto da abertura ou "boca" do forno. Uma vez preenchida a abertura do forno, recomeça o transporte manual da madeira para o interior do mesmo. Dessa forma, o trabalhador transporta a mesma peça de madeira duas vezes. A produtividade do forno depende do processo de enchimento. Se a carga é mal feita, a produção será menor do que a capacidade do forno, acarretando prejuízo.

A queima ou combustão da madeira dura geralmente três dias. Durante o cozimento da madeira, o carbonizador supervisiona o processo, no mínimo de hora em hora. Através da liberação e oclusão dos orifícios do forno, denominados "tatus" e "baianas", controla a entrada de oxigênio e dessa forma, a intensidade da combustão. Segundo os trabalhadores, esta operação é importante para garantir a qualidade do carvão. Para isso, consideram índices e parâmetros construídos na prática, como a cor e o volume de fumaça que sai pelos orifícios do forno. A fumaça de cor azul indica a conclusão do processo de cozimento da madeira. O principal cuidado do carbonizador é impedir que o forno "embale", produzindo um superaquecimento capaz de provocar a ruptura da cinta que sustenta a abóbada do forno, fazendo desmoronar toda a estrutura, com perda do produto ou carga (DIAS et al., 2002).

Após isso, segundo os autores, após o reconhecimento do "bom momento" e interrompida a combustão, o forno é deixado para esfriar, sendo então aberto e esvaziado. Os procedimentos adotados pelo trabalhador para a retirada do carvão são os seguintes: (a) quebra da parede do forno, no mesmo local onde foi fechado, para abri-lo; (b) transferência do carvão da parte interna para a "grade" colocada na porta do forno; (c) transporte da "grade" contendo o carvão, da porta do forno para a área externa, e derramamento deste no solo. Dependendo do ponto de "cozimento" do carvão, os trabalhadores lançam água sobre ele, para acelerar o processo de esfriamento e impedir a perda do produto. A tarefa é feita manualmente. A etapa de resfriamento do carvão exige um controle atento porque este pode entrar em combustão espontânea, causando a perda do produto. Finalmente, o carvão resfriado é ensacado e/ou colocado no caminhão para ser transportado e comercializado.

Após esse breve resumo acerca do processo produtivo do carvão vegetal, torna-se necessário o entendimento de que as relações entre as diferentes instâncias que compõem a estrutura de produção e de comercialização do carvão vegetal são permeadas por vários sujeitos e espaços que caracterizam a

atividade carvoeira e seu conjunto de relações, dando certa especificidade a essa organização (GIRÃO, 2003).

Em geral, as carvoarias possuem uma organização simples, que gira em torno das baterias de fornos, sempre próximos de um córrego para a captação de água. Compõem o complexo de uma carvoaria, além dos fornos, os alojamentos ou as casa dos trabalhadores, a casa do empreiteiro, o gerador de energia e o local para refeição. Em determinadas situações, essas instalações localizam-se afastadas dos fornos. Porém, essa organização não se dá em todas as unidades produtivas, sendo característica nas carvoarias de maior porte, apresentando variações nas demais. Há casos, em carvoarias de médio e de pequeno porte, às vezes mesmo nas de grande porte, em que os fornos localizam-se perto das moradias dos trabalhadores, que comumente são barracos feitos de lona de matéria plástica, de cor preta, com retalhos de madeira cortada para a produção de carvão e cobertos com telhas de amianto. Não há espaço apropriado para a alimentação e, na grande maioria das vezes, o próprio empreiteiro não mora no local, residindo na cidade, transitando entre a carvoaria e o município onde mora (AGÊNCIA TERRA, 1996; GUERRA, 1995; GIRÃO, 2003).

A especificidade das relações de trabalho e em produção de carvão pode ser detectada já na contratação dos trabalhadores. Essa contratação é caracterizada pelo aliciamento do trabalhador, por uma forma sedutora de convencimento. Na literatura existente sobre a questão das relações de trabalho em carvoarias, atribui-se genericamente as contratações dos trabalhadores a tal processo de aliciamento. Porém, nega-se uma leitura sobre as esperanças das pessoas a serem contratadas. Seria conveniente levar em consideração as vontades e as esperanças do trabalhador e não somente a astúcia do intermediário (empreiteiro e/ou capatazes), conhecido vulgarmente como "gato" (GUERRA, 1995).

Após o primeiro contato, quando a pessoa é contratada pelo "gato", o trabalhador é levado ao ambiente de trabalho. As carvoarias, como já foi salientado, localizam-se nas normalmente distantes das cidades, dificultando o acesso do trabalhador até elas. O trabalhador dificilmente se afasta do seu ambiente de trabalho. Já que ali permanece, ele se dedica integralmente ao trabalho, uma vez que seu ganho será contabilizado na quantidade de produção da madeira ou de carvão (GIRÃO, 2003). De acordo com GUERRA (1995), esse é o motivo pelo qual os carvoeiros empregam suas famílias (esposa e filhos), ou seja, alcançar o máximo possível de produção.

Diante da natureza desses fatos poder-se-ia simplesmente propor que a atividade carvoeira nessa modalidade seja extinta, pois é intolerável que adolescentes ou crianças, homens e mulheres vivam e trabalhem sob tais condições. A consciência de que o Brasil exporta com o ferro gusa, a biodiversidade do Cerrado, a madeira nativa, o trabalho e a saúde dos trabalhadores, incluindo crianças e adolescentes devem nortear uma melhor distribuição dos lucros na cadeia produtiva do aço e reordenar os processos produtivos de modo a minimizar ou abolir algumas de suas conseqüências negativas, na direção de um desenvolvimento humano sustentável (SCHAEFER,

1994). A realidade é complexa e convoca ao esforço de aprofundamento da questão e à busca de soluções. Entre os desafios está o de se conseguir melhorar as condições de trabalho, pela mecanização das fases mais agressivas, protegendo, contudo, o emprego e os trabalhadores (ZUCHI, 2001, citado por DIAS et al., 2002). Quanto às crianças e adolescentes, para além da atuação de fiscalização e punição das transgressões da lei, são necessários programas específicos como o da "bolsa-escola" e outros similares, capazes de permitir às famílias que vivem em situação de carência extrema "liberar" seus filhos para o estudo, dando-lhes outra perspectiva de vida, de acordo com MINAYO-GOMEZ & MEIRELLES (1997).

3.4. Tipos de Fornos Utilizados na Produção de Carvão Vegetal

De acordo com FERREIRA (2007a) e CETEC (1982), o uso difundido do carvão vegetal ao longo da história permitiu o desenvolvimento de diversos tipos de fornos para produção de carvão muito ainda existente hoje. Exemplos dos fornos podem ser encontrados no Anexo 1. O primeiro método de produção de carvão vegetal foi o forno poço onde a madeira é colocada em um buraco, coberta com terra e queimada lentamente. Quanto ao método de geração de calor os fornos de carbonização podem ser classificados em:

- Queima interna – combustão controlada;
- Queima externa – fornalha externa;
- Retorta – recirculação de gases ou aquecimento indireto.

Os fornos de carvão por queima interna são os mais comuns. A carbonização se inicia com o controle de ar no forno, de modo a queimar parte da lenha contida e aquecer o forno até atingir a temperatura de carbonização. Uma vez iniciada, a entrada de ar é fechada parcialmente e os processos de carbonização continuam até que toda a lenha seja transformada em carvão. Gases e voláteis são liberados para a atmosfera. Cerca de 10 a 20 % da madeira enfiada é consumida na queima (BRITO, 1990).

Ainda, de acordo com BRITO (1990), nos fornos de queima externa, a combustão é realizada numa fornalha externa ao forno. Os gases quentes do produto da combustão são introduzidos no forno para secar a madeira e realizar a carbonização. Este sistema é um pouco mais caro e de construção mais complicada, mas possui um melhor controle da operação, consome menos quantidade de lenha para iniciar o processo de carbonização, produz um carvão de melhor qualidade e com maior rendimento.

Já as retortas são fornos de carbonização que utilizam uma fonte externa de calor para aquecer a biomassa contida numa câmara fechada. Podem ser de funcionamento contínuo ou batelada. Permitem a recuperação de óleos voláteis e gases, co-produtos da pirólise. Também permitem melhor controle do processo, produzindo carvão de alta qualidade, grande rendimento e mínima emissão de poluentes. Devido ao alto investimento da planta de grande escala,

não são economicamente viáveis se o objetivo único for a produção de carvão vegetal (CETEC, 1982).

Em nível de produtividade as retortas, de acordo com os diferentes modelos e dimensões, podem apresentar valores que vão de 10 até 70 kg cv/m³ lenha/hora. Modernamente, há exemplos de retortas que, individualmente, podem chegar a produzir por ano o equivalente a 350 fornos de alvenaria do tipo colmeia, com capacidade para 35 m³ de madeira (BRITO, 1990).

Na maioria das retortas, além da recuperação e queima de gases do próprio processo para a geração de calor, prevê-se também a obtenção de gases inertes, que são utilizados no resfriamento do carvão produzido. Em muitas concepções de retortas, com a recuperação de gases, pode-se prever também a obtenção de produtos químicos contidos nos mesmos. Qualitativamente, a gama de produtos que podem ser obtidos desses gases é bastante grande. GOLDSTEIN (1979), citado por BRITO (1990), por exemplo, faz referências a identificação de cerca de 230 compostos químicos nos gases do processo de carbonização de madeiras. Na prática os compostos químicos são recuperados na massa de dois produtos líquidos básicos condensáveis, quais sejam o alcatrão e o licor pirolenhoso. Industrialmente, há referências de sistemas de retortas onde, para cada tonelada de madeira inicialmente no processo, são obtidos:

- 308 kg de Carvão Vegetal
- 100 kg de Alcatrão
- 65 kg de Ácido Acético
- 25 kg de Metanol

Também existem os fornos retangulares, do tipo Missouri, os quais serão tratados separadamente no item 3.5 a seguir.

3.5. Mecanização na Produção de Carvão Vegetal

Na década de 90, em função das mudanças econômicas, da globalização da economia, da busca por menores custos, da necessidade de melhoria das condições de trabalho e da aplicação do conceito da qualidade total e outros programas, o setor passou a buscar uma solução inovadora, que mudasse o estado da arte da produção do carvão vegetal e desse uma imagem melhor à atividade. Era necessário encontrar tecnologia, que tornasse as atividades produtivas menos penosas e colocasse a produção de carvão vegetal nos patamares de uma indústria convencional. Os trabalhos de modernização começaram pela área de colheita. Foram buscadas as tecnologias disponíveis na Suécia, Finlândia, Canadá e Estados Unidos (FERREIRA, 2007a).

As primeiras máquinas importadas para corte e arraste de árvores foram o Feller Buncher de pneus e o Skidder. Para traçar a madeira em toras, foram adaptadas garras traçadoras de tecnologia Sueca a escavadeiras de esteiras. As dificuldades foram muitas, havia falta de peças, pois dependiam de importação, além da falta de mão-de-obra treinada para operar e manter as máquinas. As vantagens foram tantas que, hoje, passados onze anos do início da colheita

mecanizada da madeira para produção de carvão vegetal, existem máquinas nacionais que atendem à demanda do mercado. Todas as siderúrgicas integradas do estado estão mecanizando suas atividades de colheita (SILOCHI, 2007).

De acordo com o autor, também já existem empresas prestadoras de serviço nessa área, fato impensado há bem pouco tempo, em função da grande necessidade de capital que a atividade requer. Com a mecanização da colheita, tornou-se possível trabalhar diuturnamente, quebrando o paradigma de que não era possível trabalhar em regime de 24 horas na atividade florestal. A mecanização da carbonização também já é um fato consumado. O uso de fornos retangulares de grandes dimensões tornou possível a mecanização da sua carga e descarga. As carvoarias deixaram de ser lugar de trabalho artesanal e tornaram-se verdadeiras fábricas, onde a queima dos gases da carbonização e o seu aproveitamento para secagem da madeira são o mais novo sucesso.

O forno retangular (tipo Missouri, Figura 3) foi inicialmente utilizado nos EUA, sendo que atualmente algumas empresas já o utilizam, havendo variações entre os usuários. Possui uma secção retangular e uma estrutura, normalmente de concreto armado, na base e colunas. Paredes, abóbada e chaminé são construídas com tijolos comuns. Pode ter uma ou duas portas metálicas ou em concreto comum na parte externa e concreto refratário na parte interna. Para redução do peso pode-se substituir a brita por cinasita, que é um material de baixa densidade o que permite o manuseio das duas bandeiras da porta por apenas um homem. Na parte interna pode ser utilizado espécies de aspersores para acelerar o processo de resfriamento. Esse tipo de forno é para produzir grandes quantidades de carvão sendo a capacidade de alguns em uso no Brasil de 180 st de lenha para 95 mdc, com recuperação de alcatrão. O aparelho recuperador de alcatrão ajuda a acelerar e controlar o processo de carbonização desses fornos. A principal vantagem do forno retangular é a possibilidade de mecanização do processo de carvoejamento. O caminhão ou veículo similar pode entrar no forno para o descarregamento da lenha e após a carbonização a descarga é feita com uma pá-carregadeira mecânica. Com isso, a etapa mais pesada e insalubre do processo de fabricação de carvão vegetal, que é a carga e descarga do forno, é mecanizada e otimizada (SBRT, 2007).



FIGURA 3 – Forno retangular, tipo Missouri (Fonte: SBRT, 2007).

A aplicação de alta tecnologia na colheita florestal e na produção de carvão vegetal teve as seguintes conseqüências: substituição de mão - de - obra, barata e sem qualificação, por mão-de-obra qualificada e mais cara, com redução do nível de emprego. Apesar dessa redução, o gasto com a folha de pagamentos manteve-se igual. A mecanização gerou salários maiores a um grupo menor de pessoas, essas, por sua vez, passaram a demandar novos serviços e atividades, estabelecendo um equilíbrio de oferta e procura, principalmente, da mão-de-obra não qualificada. A diminuição dos custos operacionais foi outra realidade, comprovando que a adoção de tecnologia de ponta torna as empresas mais competitivas. Houve também uma evolução acentuada na movimentação e transporte da madeira e do carvão vegetal. Os caminhões de pequeno porte, com suas cargas em sacaria desafiando a lei da gravidade pelas estradas afora, foram substituídos por frotas com transporte dedicado. Carretas com gaiolas, que podem ser carregadas e descarregadas mecanicamente são a realidade atual (FERREIRA, 2007b; SILOCHI, 2007).

Num futuro breve, no mais tardar nos meados da próxima década, toda a produção de carvão vegetal para dar sustentação à siderurgia que o usa, será baseada no modelo de produção aqui descrito, apagando de vez a imagem negativa do setor e será uma solução a ser copiada por outros países que estão preocupados com os problemas ambientais do planeta (FERREIRA, 2007b).

Com a introdução de fornos de maior escala e a mecanização, obtem-se uma escala produtiva elevada e eficiente, reduzindo os custos de produção e viabilizando a cultura do eucalipto para este fim (figura 4). Desta forma pretende-se reduzir o impacto do desmatamento, aumentar áreas protegidas, gerar empregos através de florestas renováveis e proteção ao solo em áreas consideradas degradadas, devido a grande rusticidade do eucalipto. A soma desses fatores sinaliza para a sustentabilidade ambiental, social e econômica da atividade de produção de carvão vegetal no Brasil (PIMENTA et al., 2006; SBRT, 2007; FERREIRA, 2007b)



FIGURA 4- Equipamento CAT para operação de carga, descarga e expedição mecanizado em fornos de carvão vegetal-MG.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em duas áreas de produção de carvão vegetal de propriedade das empresas Acesita Energética e Vallourec & Mannesmann (V&M) localizadas, respectivamente nos municípios de Capelinha/ Itamarandiba e Curvelo, no estado de Minas Gerais, onde os dados foram coletados. Também, para suportar a análise econômica apresentada neste trabalho, foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica.

Em ambos os casos, as áreas de produção possuem os dois sistemas de fornos de carvoejamento: Retangular (Mecanizado) e do tipo tradicional JG (Rabo quente) convencional com as atividades manuais o que permitiu a análise comparativa.

Toda a madeira utilizada é proveniente de plantios comerciais de eucalipto. A principal diferença é que, para o caso dos fornos tradicionais, foi utilizado a madeira proveniente dos plantios mais velhos, com menor produtividade das florestas e com madeira heterogênea. Estes plantios vêm sendo substituídos por florestas de eucalipto clonal (elevada produtividade) capazes de suportar, técnica e economicamente, o processo de mecanização. A coleta dos dados foi realizada nos meses de Março e Abril e 2007.

A capacitação das pessoas envolvidas no processo de coleta e as suas respectivas amostragens, aliado a uma metodologia única, nos permite afirmar a grande confiabilidade dos dados aplicados neste trabalho e a verídica transcrição destes.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Proposta de Metodologia para UPC's

Diante do cenário em que se encontram os setores florestal (produtor de carvão vegetal) e siderúrgico (principal consumidor de carvão vegetal) brasileiro, fica evidente que a verticalização da produção é o modelo mais adequado para garantir a sustentabilidade destes setores.

Uma vez que, isoladamente, não existem grandes produtores de carvão vegetal no mercado brasileiro, o modelo que será proposto parte deste princípio, ou seja, a indústria siderúrgica é responsável por produzir todo o carvão vegetal que vier a consumir.

a) A Escolha da Espécie

A silvicultura teve início no Brasil no início do século passado, com o estabelecimento dos plantios florestais com espécies exóticas para substituição da madeira das florestas nativas de difícil reposição. As principais espécies exóticas foram os eucaliptos, introduzidos pela Companhia Paulista de Estrada de Ferro em 1904, e as coníferas (*Pinus*), pela Companhia Melhoramentos de São Paulo em 1922. Para a produção de carvão vegetal, as coníferas não são

indicadas devido possuírem madeira com propriedades tecnológicas indesejáveis, principalmente a baixa densidade básica, sendo conhecidas, inclusive, como "madeiras moles" ou "brancas". Assim, o modelo a ser proposto será baseado exclusivamente no plantio de eucaliptos.

O gênero *Eucalyptus*, originário da Austrália foi introduzido no Brasil, pelo silvicultor brasileiro Edmundo Navarro de Andrade, junto à Companhia Paulista de Estradas de Ferro no estado de São Paulo. O desenvolvimento inicial desta cultura no país, realizou-se entre 1904 e 1909, no horto de Jundiaí, onde Navarro de Andrade comparou várias espécies nativas do Brasil como a peroba, a cabriúva, o jequitibá com espécies exóticas e, entre elas sementes de *Eucalyptus globulus* que ele havia trazido do exterior. Nesses ensaios os eucaliptos sobressaíram em relação às demais espécies, de forma que em 1909 a Companhia Paulista de Estradas de Ferro adquiriu mais terras na região de Rio Claro, iniciando plantios com esta espécie em escala comercial.

A partir dessa época, Navarro de Andrade começou a importar sementes de várias espécies de eucaliptos, escolhendo-as de regiões ecologicamente semelhantes da Austrália, e por intermédio principalmente de uma empresa francesa, conseguiu reunir um total de 144 diferentes espécies de eucaliptos. Atualmente, o Serviço Florestal da Austrália já identificou 672 espécies do gênero *Eucalyptus*, mas pouco mais de vinte e cinco espécies têm importância comercial e são plantadas extensivamente em todo o mundo.

Os plantios em larga escala com espécies do eucalipto no Brasil tiveram impulso a partir da década de 1960. Os plantios se intensificaram principalmente na década de 1970, com o advento do programa de incentivo fiscal aos plantios florestais associado aos investimentos por parte das indústrias de celulose e papel e siderurgia, e o desenvolvimento do melhoramento genético e da tecnologia clonal de eucalipto, responsável pela elevada produtividade florestal alcançada pelo gênero.

As principais espécies cultivadas atualmente no Brasil são o *Eucalyptus grandis*, *E. citriodora*, *E. camaldulensis*, *E. saligna*, *E. urophylla*, entre outras. Além disso foram desenvolvidos cruzamentos entre as espécies, derivando as espécies híbridas como é o caso do *Eucalyptus urograndis* (*E. urophylla* x *E. grandis*).

O desenvolvimento da tecnologia silvicultural no Brasil nas últimas décadas e as condições naturais favoráveis aos plantios florestais tem propiciado, além dos ganhos de produtividade, a redução na rotação das florestas plantadas e a conseqüente diminuição dos custos de produção florestal. O menor custo da madeira de florestas plantadas no Brasil, em relação aos países do hemisfério norte, tem criado importantes vantagens comparativas e competitivas na cadeia de produtos de origem florestal (Quadro 1).

QUADRO 1 - Vantagens Comparativas e Competitivas do Setor Florestal Brasileiro (Fonte: ABRAF, 2006)

Vantagens Comparativas	Vantagens Competitivas
Baixo custo de produção florestal	Alta produtividade florestal
Disponibilidade de áreas degradadas e com vocação florestal	Tecnologia de produção florestal
Área existente com florestas nativas (MFS)	Indústria de bens de capital
Florestas plantadas em diferentes estágios de desenvolvimento	Capacidade técnica (gestão)
Disponibilidade de mão-de-obra a custos relativamente reduzidos	Clusters estabelecidos
	Mercado doméstico amplo e em crescimento

Atualmente, grande parcela das florestas plantadas de eucalipto é originária de plantios clonais de alta produtividade com adaptação e tolerância a fatores adversos de clima, solo, água, entre outros. Ao longo dos últimos trinta anos os ganhos em produtividade volumétrica, resultado dos trabalhos de pesquisa e melhoramento genético nas florestas de eucalipto quase que triplicaram. A produtividade média dos plantios de eucalipto em 1990 era de aproximadamente de 26 m³/ha.ano passando para estimados 38 m³/ha.ano em 2005. Tais ganhos de produtividade são resultados dos investimentos aplicados em pesquisa e desenvolvimento no país.

Assim sendo, existem disponíveis no mercado florestal uma enorme gama de materiais genéticos de excelente produtividade para as mais diferentes finalidades. Entende-se que a Silvicultura brasileira evoluiu ao ponto de se produzir florestas de eucalipto altamente tecnificadas, capazes de maximizar a produção de madeira ao mesmo tempo que maximiza a produção industrial. Ou seja, os silvicultores não estão mais maximizando a produção de árvores, estão maximizando a produção de carvão com elevados padrões tecnológicos proveniente de "plantios industriais" de eucalipto.

Atualmente, o corte raso de eucalipto para celulose, painéis e carvão vegetal ocorre a partir do sexto ano. Atualmente, o setor florestal tem investido recursos em projetos que visam o aprimoramento da madeira do eucalipto. Como exemplo há o projeto Genolyptus, da Rede Brasileira de Pesquisa do Genoma do Eucalipto e do projeto Forest, do genoma do eucalipto, concluindo 110 mil trechos de DNA do eucalipto - composto por 580 milhões de pares de bases e entre 25 mil e 30 mil genes. A nova fase do projeto envolve a identificação dos genes associados ao metabolismo da celulose e da lignina, esta de importância primária para a produção de carvão vegetal.

b) A Escolha da Área para Plantio

Da área total do território nacional, cerca de 56 % (477,7 milhões de ha) são cobertos por florestas naturais, 0,7% por florestas plantadas e o restante (43,2%) por outros usos como agricultura, pecuária, áreas urbanas, infraestrutura, etc. (SBS, 2006). A isto se pode acrescentar que cerca de 22% das espécies da flora e aproximadamente 20% da água doce do planeta estão em território brasileiro. Esses números demonstram a grande disponibilidade de áreas para o plantio de florestas.

Dada a rusticidade do eucalipto, somente devem ser realizados plantios em áreas já alteradas, ou seja, não é desejada (e isto é amplamente combatido) a conversão de áreas de florestas naturais em áreas de reflorestamento. Basta visitar o Código Florestal (Lei nº. 4.771, de 15 de Setembro de 1965) em seu artigo 37-A, onde está explícito que *“não é permitida a conversão de florestas ou outra forma de vegetação nativa para uso alternativo do solo na propriedade rural que possui área desmatada, quando for verificado que a referida área encontra-se abandonada, subutilizada ou utilizada de forma inadequada, segundo a vocação e capacidade de suporte do solo”*.

Também, de acordo com o Código Florestal, devem ser respeitadas as áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal. Neste aspecto, a indústria de base florestal brasileira, consciente da necessidade imperiosa da preservação do meio ambiente, tratou de consorciar suas florestas plantadas com a recuperação e preservação de matas nativas em área muito superior à exigida pela legislação ambiental brasileira, considerada uma das mais severas no cenário mundial.

A seleção das áreas para utilização com silvicultura intensiva é uma etapa fundamental para obter florestas de altas produtividades. Nesta etapa, é feita a estratificação dos ambientes e a seleção das áreas em função de suas potencialidades para produção de madeira, para preservação/reserva florestal e para serem destinadas a outros fins diferentes da silvicultura intensiva. No entanto, para a conservação dos solos, esta estratificação é o primeiro passo para se conhecer e estabelecer o uso e manejo mais adequados aos mesmos. As características de relevo e algumas características do solo servirão de base para definir o tipo de preparo que o solo receberá. A fotointerpretação auxilia a separação das áreas.

Dependendo da região de atuação da empresa siderúrgica, ou de sua base florestal, pode não haver disponibilidade de novas áreas para o plantio de florestas. Nestes casos, o fomento florestal pode ser uma alternativa bastante interessante. A atividade de fomento é considerada pelo setor florestal como um dos mais importantes instrumentos de política pública e privada, capaz de contribuir para o desenvolvimento socioeconômico da atividade de produção de madeira no Brasil. O fomento oferece todas as condições para garantir parcialmente a reposição florestal e a disponibilidade de matérias-primas de base florestal. Ressalta-se também que o reflorestamento em pequenas e médias propriedades rurais é do interesse público. Constitui fonte de renda alternativa, contribui para evitar o êxodo rural e o desemprego.

Na perspectiva da empresa florestal, a matéria-prima produzida a partir dos programas de fomento é importante à medida que estes passam a ser fornecedores estratégicos de madeira. Para a indústria o programa de fomento florestal é visto como uma possibilidade de retorno do investimento em matéria-prima. Para o governo e a sociedade, tais programas cumprem uma função social gerando impostos, empregos e favorecendo a fixação da mão-de-obra na região. Para o produtor rural, a prática do reflorestamento traz melhor aproveitamento de terras ociosas, criando uma nova fonte de renda e diversificando a produção.

c) Preparo do Solo e Plantio

Define-se preparo do solo como o rompimento periódico da massa contínua do solo, o qual pode ser realizado por inversão de camadas, por deslocamento lateral-horizontal, por desagregação sub-superficial ou por revolvimento rotativo. Um outro objetivo do preparo do solo é facilitar a operação de plantio. A qualidade do preparo do solo provoca alterações nas operações de plantio, tanto na sua velocidade como na sua qualidade.

Atualmente, o método de preparo do solo mais utilizado pelas empresas florestais, no Brasil, é o cultivo reduzido do solo (cultivo mínimo), o qual é realizado apenas na linha de plantio, trabalhando-se em uma largura e em uma profundidade menores que 0,5 m. Nesse sistema, a maior parte dos resíduos culturais são mantidos sobre a superfície do solo sendo, portanto, considerado um método conservacionista.

Atualmente, a mecanização do preparo de solo é bastante estudada e está bastante difundida no setor florestal, sendo, inclusive, considerada uma prática irreversível. O cultivo mínimo em florestas pertence a um cenário tecnológico extremamente demandado e dinâmico, dado a sua contribuição relevante no aspecto "custos" e talvez com peso ainda maior, sob as óticas ambiental e social, uma vez que as grandes empresas do setor florestal, a cada dia, se aperfeiçoam e direcionam recursos para este setor, onde se busca constantemente, desenvolver procedimentos operacionais integrados com segurança e ambiente, e acima de tudo, valorizar a importância econômica do planejamento e controle de qualidade ambiental.

São usadas quatro máquinas básicas para o preparo do solo: arados para a inversão de camadas; grades para o deslocamento lateral-horizontal; subsoladores para a desagregação subsuperficial; e enxadas rotativas para o revolvimento do solo. A subsolagem tem como função principal romper as camadas compactadas do solo, em profundidades maiores do que 0,40 m. Quando a desagregação do solo é superficial, o processo é denominado de escarificação, pois o preparo do solo feito pelos escarificadores é realizado até 0,35 m de profundidade.

Um outro objetivo do preparo do solo é facilitar a operação de plantio. A qualidade do preparo do solo provoca alterações nas operações de plantio, tanto na sua velocidade como na sua qualidade. Em um estudo feito no Canadá, STJERNBERG (1991), citado por FESSEL (2003), avaliou o desempenho operacional do plantio manual de mudas de árvores em áreas preparadas

mecanicamente e não preparadas. O autor observou que a produtividade da operação de plantio, nas áreas preparadas, foi incrementada em mais de 50,0% em relação às áreas não preparadas. Dessa maneira, concluiu que o preparo mecanizado do solo pode aumentar a produtividade dos trabalhadores que executam o plantio, diminuindo a carga de trabalho sobre os mesmos e contribuindo para humanizar as relações de trabalho.

Por sua vez, o plantio é o trabalho de transplante das mudas do viveiro para o campo, podendo ser manual, semi-mecanizado ou mecanizado. A escolha do método está condicionada principalmente à topografia do terreno, à extensão da área de plantio e aos custos. Em terrenos com topografia acidentada, o método geralmente usado é o manual e em áreas planas, pode-se mecanizar o plantio. No Brasil, o sistema manual difundiu-se como o principal método, mesmo em áreas planas, devido ao baixo custo da mão-de-obra. O plantio manual é realizado com uma ferramenta denominada de chucho (Figura 5a) e com a transplantadora de acionamento manual (Figura 5b).

Em um estudo sobre as operações de plantio manual de mudas de árvores foi observada a percentagem de tempo gasto no plantio em relação ao tempo total da atividade, tendo sido concluído que o tempo improdutivo decorre dos seguintes fatores:

- Falta de planejamento no trabalho de preparo do solo;
- Baixa qualidade do preparo do solo, sendo necessário, ainda, preparo manual;
- Ferramentas de plantio ergonomicamente mal projetadas;
- Falta de trabalhadores rurais treinados e motivados para o plantio.

Diversos estudos classificam a operação de plantio manual com a transplantadora como um trabalho leve a meio pesado, concluindo que a principal vantagem da transplantadora de acionamento manual em relação às outras ferramentas de plantio manual é que o trabalhador rural não necessita se ajoelhar ou dobrar seus joelhos para realizar o plantio. Mesmo assim, diversos outros estudos consideram que a operação de plantio manual é desgastante para o trabalhador rural e deveria ser reconhecida como um trabalho muito exigente, tanto fisicamente quanto mentalmente.



(a)



(b)

FIGURA 5 - Ferramentas para o plantio manual de eucalipto: a) chuchu; b) transplantadora de acionamento manual.

O plantio mecanizado é feito com as semeadoras, as plantadoras ou as transplantadoras. As semeadoras são máquinas destinadas ao plantio de espécies vegetais que se reproduzem por sementes. As plantadoras são máquinas empregadas no plantio de culturas que se reproduzem por órgãos vegetativos como raízes, colmos, tubérculos. As transplantadoras (Figura 6) são máquinas destinadas para plantar mudas produzidas em viveiros, como as essências florestais. As transplantadoras de acionamento mecânico são acopladas ao trator e operadas por um trabalhador rural que abastece o mecanismo com as mudas e chagam a plantar 1.500 mudas por hora.



Figura 6 - Transplantadora de acionamento mecânico com adubadeira acoplada.

O mecanismo transplantador das máquinas possui, geralmente, um disco vertical no qual as mudas são presas, sendo projetado para não danificar as

mudas e evitar acidentes com o operador. As mudas são colocadas na parte superior do disco e com o deslocamento da máquina, o disco gira e a muda chega ao sulco, sendo liberada. Ao mesmo tempo, rodas situadas nos dois lados do sulco fazem a cobertura e a compactação do solo junto à muda. Algumas máquinas possuem sistemas de irrigação e adubação no momento do plantio, sendo equipadas com tanques, tubulações, registros.

Para efeitos comparativos, em média, uma equipe de 13 pessoas realizando plantio manual (com chuchos ou transplantadeiras manuais) atingem a produção de 0,80 hectare por hora, enquanto que o sistema mecanizado, utilizando duas pessoas, atinge 1,30 hectares por hora.

d) Práticas Silviculturais para Manutenção das Florestas

Após o plantio das florestas, torna-se necessária a manutenção da mesma sobre as melhores condições silviculturais capazes de otimizar o desenvolvimento e o crescimento das mesmas. Essa atividades constam basicamente das fertilizações e do controle da matocompetição. Até um passado recente, todas essas atividades eram realizadas manualmente, sendo necessário um grande número de trabalhadores florestais, os quais eram submetidos a condições extremas de trabalho, quer seja pelo excesso da carga de trabalho (carregamento de peso e jornadas excessivas), quer seja pela exposição a produtos químicos sem os devidos cuidados. Outro aspecto que não era observado diz respeito à ergonomia das atividades e dos equipamentos então utilizados.

Atualmente, existe uma gama enorme de possibilidades de mecanização das atividades de manutenção das florestas plantadas. Todas, sem exceção, as atividades são passíveis de mecanização em maior ou menor grau. Para a escolha da técnica e do equipamento adequado a cada situação operacional, devem ser levados em conta o porte do empreendimento, a topografia da região, as condições edafo-climáticas e a capacidade econômico-financeira do empreendimento.

Busca-se, com a mecanização dessas atividades, eliminar a realização manual de operações como, por exemplo, a aplicação de herbicidas, por sua elevada insalubridade, e o preparo de solo, por ser uma atividade que exige elevados níveis de esforço.

e) Colheita Mecanizada

A colheita florestal pode ser definida como um conjunto de operações efetuadas no maciço florestal, que visa preparar e extrair a madeira até o local de transporte. A colheita, parte mais importante do ponto de vista técnico-econômico, é composta pelas etapas corte (derrubada, desgalhamento e traçamento ou processamento); descascamento, quando executado no campo; extração e carregamento. Alguns autores também definem colheita florestal como todas as atividades parciais desde a derrubada até a madeira posta no

pátio da indústria consumidora, incluindo-se aí o transporte. Para efeitos deste estudo, o transporte será considerado em separado.

Na atividade florestal, a colheita de madeira é a etapa mais importante do ponto de vista econômico. A mecanização das operações de colheita florestal tem sido uma das preocupações prioritárias das empresas brasileiras de base florestal nos últimos anos. Os motivos são diversos como: aumento da demanda de madeira; aumento dos custos sociais dos trabalhadores; as buscas do aumento da produtividade; a escassez da mão-de-obra; a natureza rude das atividades e principalmente a competitividade cada vez mais intensa que obriga a reduzir custos.

Até um passado recente, na colheita dos primeiros plantios de madeira no Brasil, existiam turmas de trabalhadores que cortavam a lenha com machados, posteriormente picavam as toras de lenha de modo a deixá-las espalhadas pela área. Depois era necessário que aquele mesmo trabalhador colocasse todas as lenhas em uma única linha, atividade conhecida como embandeirar. Após embandeirar a lenha, era necessário empilhá-la para os "metreiros" medirem e, então, por fim, colocava-se a lenha manualmente nos baldeios (bovinos ou muares) ou caminhões que iriam transportá-las. Cada trabalhador tinha sua área de corte de árvores, todas elas derrubadas com machados. Posteriormente, este mesmo trabalhador fazia as atividades subseqüentes de picar e desgallar a lenha, embandeirá-la, empilhá-la, transportá-la.

Diante da impossibilidade de convivência com este cenário, vários sistemas de colheita mecanizada foram desenvolvidos. Estes sistemas podem variar de acordo com os tratos silviculturais, relevo, clima, tipo de solo, sortimento, capital de investimento, disponibilidade de mão de obra, volume a ser produzido e outros. Assim, os sistemas de colheita podem ser classificados quanto ao comprimento das toras e forma como são extraídas ao local de processamento, existindo basicamente quatro sistemas de colheita: sistema de toras curtas (*cut-to-length*); sistema de fustes (*tree-length*); sistema de árvores inteiras (*full-tree*); e sistemas de árvores completas (*whole-tree*). Para efeito deste estudo, somente será discutido e demonstrado o sistema de fustes (*tree-length*), por ser um dos mais baratos quando mecanizados.

Ainda assim, alguns desafios da colheita de madeira no Brasil devem ser considerados: a mão-de-obra especializada com qualificação adequada para operar máquinas de última geração é uma delas, além da terceirização da atividade onde o melhor caminho é a relação de parceria entre empresa contratada e prestadora. O mercado de máquinas com seus custos altos e o mercado de preços ira definir a permanência ou não de diversas empresas no mercado. O mercado de produtos oriundos da madeira é fator importante, pois, a colheita é a operação que mais tende a agredir o meio ambiente, já que muitas delas detêm ou estão em busca do "selo de certificação". A sustentabilidade do meio ambiente tem sua relação com o nível de profissionalização de toda a atividade florestal, sendo que a colheita de madeira é a atividade econômica final. A falta de planejamento detalhado, definição do manejo de florestas plantadas, sistemas de extração são alguns aspectos que levam a ineficiência da colheita de madeira tendo reflexo na sustentabilidade do

meio ambiente e nos povoamentos remanescentes. Desta maneira, o maior desafio da colheita florestal é manter a produtividade florestal através da perfeita interação de sistemas de colheita dentro de um plano de manejo adequado, mantendo sob controle os danos à ambiência, porém, sendo economicamente viável e socialmente justo.

O sistema mecanizado proposto é baseado em três operações. A seqüência das operações é iniciada pelo "feller-buncher" que corta e acumula, em seu cabeçote de corte, as árvores e em seguida as deposita em feixes ao longo da área. O arraste desses feixes é feito pelo "skidder" até a margem do carreador onde são processadas pela garra traçadora (ou traçador mecânico), empilhando as toras ao longo dos carreadores (Figura 7).



Feller Buncher na operação de derrubada



Skidder na operação de arraste



Traçador mecânico na operação seccionamento da madeira

FIGURA 7 – Sistema de colheita mecanizado proposto no presente estudo.

É importante e prudente afirmar que existem disponíveis no mercado diversos modelos de feller bunchers, skidders e garras traçadoras, variando em tamanho, potência, produtividade e nível de desenvolvimento tecnológico e, conseqüente e diretamente, em valores de aquisição. Assim, o dimensionamento do equipamento adequado a cada necessidade operacional (isto não é objetivo deste trabalho) demanda estudos complexos e especializados.

f) Carregamento Mecanizado

O carregamento é a operação de ligação entre a colheita e o transporte. O carregamento está ligado ao transporte primário ou principal. O transporte primário é feito no local do corte no interior do talhão até o estaleiro a beira da estrada e o transporte principal é aquele que ocorre do estaleiro à beira da estrada até o pátio da unidade de carvoejamento.

Podemos citar os seguintes sistemas de carregamento:

- Carregamento manual
- Gruas hidráulicas adaptadas a tratores agrícolas
- Carregadores frontais com máquinas a base de rodas
- Escavadeiras com garras
- Carregamento de acordo com o sistema de colheita de madeira empregado
- Carregamento do veículo na área de corte para baldeio
- Carregamento do veículo na área pré-determinada ou em pátios, para transporte em longa distância
- Carregamento direto na área de corte para veículo que faz o transporte a longa distância.

O carregamento manual, muito utilizado num passado recente e com baixíssimos índices de produtividade (cerca de 5 m³/hora/homem), está caindo em desuso, quer seja pela escassez de mão-de-obra, quer seja pelas exigências de uma Legislação Trabalhista cada vez mais voltada aos aspectos de bem-estar e ergonomia dos trabalhadores, principalmente limitando a carga máxima a ser levantada por uma pessoa.

Assim, o carregamento mecanizado, como mostra a figura 8, este se especializando cada vez mais, vem se destacando no setor florestal brasileiro como uma tendência a ser seguida por todas as empresas de base florestal. Neste caso, destacam-se as escavadeiras com garras, as quais possuem elevados índices de tecnologia embarcada, baixos níveis de emissão de gases, inúmeros conceitos ergonômicos para sua operação e, conseqüentemente, elevados níveis de produtividade (cerca de 100 m³/equipamento/hora), o que torna seus custos bastante competitivos.



FIGURA 8 – Carga de toras mecanizada dentro do talhão Escavadeira Hidráulica, e na beira da estrada, Carregador florestal.

g) Transporte Dedicado até os Fornos

O transporte da lenha primeiramente foi feito por meio do que os trabalhadores denominam de tombamento da lenha. Esta prática parece ter sido uma maneira de transportar – em um período onde as estradas ainda não estavam abertas ou não existia tecnologia suficiente para abri-las – a madeira até os locais onde poderiam carbonizá-la. Dos morros onde as madeiras eram cortadas os trabalhadores as jogavam para as baixadas. O que muito provavelmente deveria demandar muito preparo e esforço físico e mais de um homem para carregar e arremessar toras de madeiras. Um outro modo de transporte da lenha, nos plantios localizados em áreas planas, diz respeito ao que os trabalhadores denominam de baldeio, ou seja, transporte através de carros de bois até os locais onde o carvão seria produzido. O baldeio, em algumas circunstâncias, foi uma atividade simultânea à atividade de tombamento das lenhas. Por fim, passou a se utilizar caminhões de pequeno porte (cerca de 10 t de carga) para transportar a lenha: os trabalhadores enchiam manualmente o caminhão de lenha com a madeira colhida para levar até a carvoaria.

Atualmente, com a desarga mecanizada nos fornos retangulares, torna-se possível a utilização de composições maiores, com reboques e semi-reboques (do tipo carretas convencionais, bi-trens ou “romeu e julietas”), especialmente projetados para até 50 toneladas de carga de forma segura, assegurando redução de custos, impedindo a saturação das rodovias e melhorando a relação combustível/tonelada transportada (Figura 9).

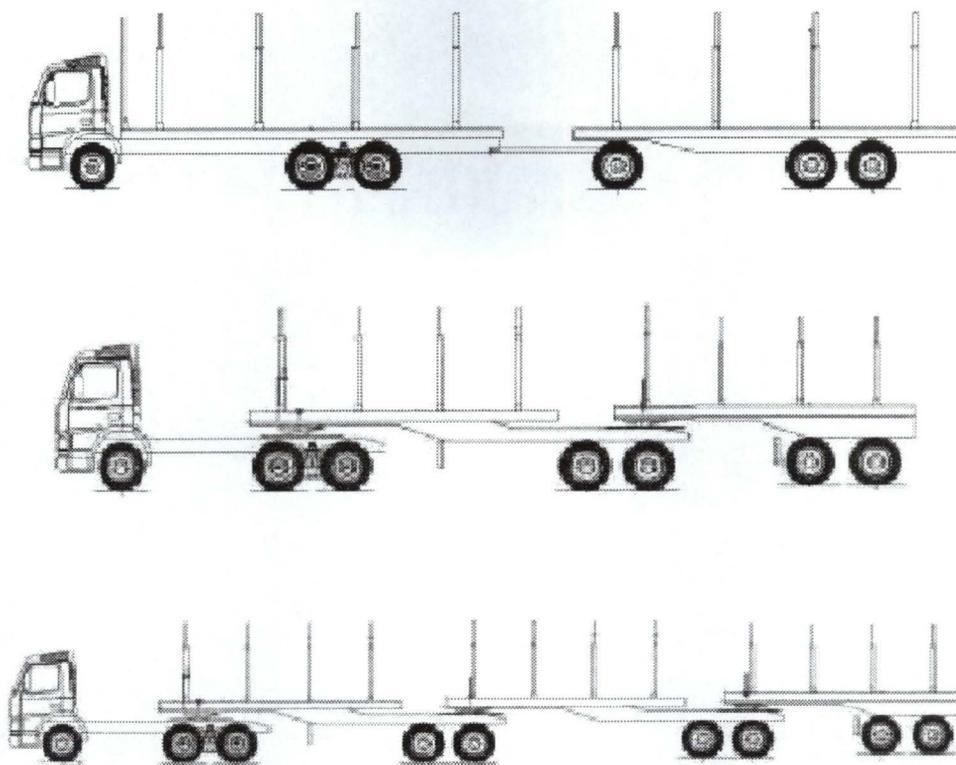


FIGURA 9 – Exemplos de composições utilizadas para o transporte de madeira das áreas de colheita até os praças de carvoejamento.

h) Descarga Automatizada (ou Mecanizada) nos Fornos

A exemplo da etapa do carregamento da madeira no campo, sua descarga nos locais de carvoejamento vem passando pelas mesmas evoluções. Os equipamentos utilizados são similares em porte e produtividade. Entretanto, a grande diferença é que, para este caso, são utilizados equipamentos de pneus, face sua grande movimentação nas praças de carvão.

Nesta atividade, o processo pode ocorrer de três formas: descarga da madeira no chão, ao lado dos fornos, utilizando equipamentos de maior porte, para posterior enchimento destes fornos, também mecanizado mas com equipamentos de menor porte; descarga diretamente do caminhão para o forno, também utilizando equipamentos de menor porte; ou descarga do caminhão diretamente dentro do forno, dispensando a utilização de equipamentos para esta atividade. Neste último caso, utiliza-se caminhões especialmente adaptados para esta atividade.

Em todos os casos, os ganhos de produtividade são suficientemente grandes para possibilitar o adequado retorno dos elevados investimentos em equipamentos, mão-de-obra especializada e treinamentos.

i) Fornos Retangulares

O forno retangular (tipo Missouri- Figura 1) foi inicialmente utilizado nos EUA, sendo que atualmente algumas empresas já o utilizam, havendo variações entre os usuários. Possui uma secção retangular e uma estrutura, normalmente de concreto armado, na base e colunas. Paredes, abóbada e chaminé são construídas com tijolos comuns. Pode ter uma ou duas portas metálicas ou em concreto comum na parte externa e concreto refratário na parte interna. Para redução do peso pode-se substituir a brita por cinasita, que é um material de baixa densidade o que permite o manuseio das duas bandeiras da porta por apenas um homem. Na parte interna podem ser utilizados aspersores para acelerar o processo de resfriamento.

Esse tipo de forno é para produzir grandes quantidades de carvão, sendo a capacidade de alguns em uso no Brasil de 180 st de lenha para 95 mdc, com recuperação de alcatrão. O aparelho recuperador de alcatrão ajuda a acelerar e controlar o processo de carbonização desses fornos.

A principal vantagem deste forno retangular é a possibilidade de mecanização do processo de carvoejamento. O caminhão ou veículo similar pode entrar no forno para o descarregamento da lenha e após a carbonização a descarga é feita com uma pá-carregadeira mecânica. Com isso, a etapa mais pesada e insalubre do processo de fabricação de carvão vegetal, que é a carga e descarga do forno, é mecanizada e otimizada.

No descarregamento do forno trabalha um operador de pá carregadeira e dois ajudantes. Os ajudantes após a abertura da porta observam a existência de focos de fogo e, caso ocorra, providenciam a extinção usando mangueira com jato de água ou fechando a porta para limitar a entrada de ar e conseqüentemente a propagação do fogo.

Se não houver fogo o operador da pá carregadeira vai retirando gradativamente o carvão no sentido da porta para o fundo do forno tendo o cuidado de ao encher a caçamba da pá carregadeira realizar movimento que provoque pequena vibração para acomodação da carga evitando queda do carvão no trajeto da descarga. Ao sair de dentro do forno com a caçamba carregada de carvão os ajudantes estarão esperando para separar, manualmente, pedaços de madeira não carbonizadas (tiços)

O carvão retirado do forno pode ser transportado diretamente para a carreta que fica estacionada no pátio suprimindo estoque intermediário ou empilhado ao lado do forno e coberto com lona aguardando o momento de ser transportado para o destino.

No final da descarga quando resta apenas carvão junto as paredes laterais e no fundo do forno, os ajudantes, usando garfo, enchem a caçamba da pá carregadeira evitando-se que a máquina atinja as paredes do forno.

Os ajudantes tem ainda como atividade, limpeza da canaleta do forno retirando borra de alcatrão, piche e pedaços de carvão com uso pá, enxada e carrinho de mão, além de vedar possíveis vazamentos no forno durante o período de resfriamento.

Todo esse processo de mecanização, ao eliminar a presença de trabalhadores em áreas de risco, principalmente naquelas atividades que demandam grande esforço físico e exposição acentuada aos agentes nocivos à saúde, ampliou-se o nível de segurança, mesmo que isto tenha significado redução de empregos.

Avaliando o ponto de vista de investimento, o forno retangular requer mais desembolso na construção e maiores cuidados estruturais. É preciso avaliar a capacidade de apropriação de verba principalmente no que se refere a nivelamento da praça, compactação, drenagem e sustentação da abóboda.

Mesmo considerando a amortização de capital em maior prazo, as empresas tem buscado investir nos fornos retangulares de forma que o processo produtivo mecanizado não tenha um "gargalo" na carbonização, aumentando o custo da cadeia produtiva.

j) Carregamento Mecanizado do Carvão

Outra etapa importante que também vem experimentando uma evolução é o carregamento do carvão para o transporte até os locais de consumo. Os caminhões de pequeno porte, com suas cargas em sacaria que demandavam um esforço imenso para confecção manual das cargas, foram substituídos por frotas com transporte dedicado. Carretas com gaiolas, que podem ser carregadas e descarregadas mecanicamente são a realidade atual.

Para isso, são utilizadas pás carregadeiras especialmente desenvolvidas e adaptadas ao processo, com grande alcance de altura para o carregamento das gaiolas, cabines fechadas e climatizadas visando diminuir os índices de insalubridade para os operadores. Geralmente, estas carregadeiras são as mesmas que fazem a descarga dos fornos, aumentando ainda mais a eficiência dos processos.



FIGURA 10. Expedição mecanizada.

k) Transporte Dedicado do Carvão

Com o advento do grande número de caminhões disponíveis no mercado, a atividade de transporte de carvão vegetal foi diretamente beneficiada. Devido ao fato de haver a necessidade da utilização de equipamentos que disponham de grande potência e capacidade de carga, os modelos de caminhões 6x4 permitiram o desenvolvimento de implementos dedicados capazes de transportar até 150 mdc por viagem, aumentando a eficiência operacional do sistema de transporte, contribuindo para a redução de custos e viabilizando a mecanização das atividades de carga e descarga do carvão transportado.(FIGURA 10)

5.2. Vantagens e Desvantagens do Forno Tipo Retangular em Relação aos Modelos Tradicionais.Aspectos sociais.

Os fornos retangulares, permitindo a mecanização e todo o processo, desde a produção da madeira, são uma tendência irreversível para os grandes produtores (empresas verticalizadas) com elevados níveis de especialização. Entretanto, como todo processo ainda em desenvolvimento, apresenta vantagens e desvantagens em relação aos modelos tradicionais de produção, os quais ainda são e serão largamente utilizados pelos pequenos produtores (principalmente os independentes), uma vez que estes não têm possibilidade de acesso às novas tecnologias a custos compatíveis com a dimensão de suas atividades.

Financeiramente existe uma situação clara de incremento de investimento maior a curto prazo, todavia os ganhos produtivos ao longo dos anos torna o forno retangular a melhor opção na cadeia produtiva.

Ambientalmente, existe o aspecto do uso da floresta plantada fomentando a indústria do Carvão Vegetal, deixando assim o cerrado mais protegido e menos susceptível a depredação humana sem critérios.

Nesta linha de pensamento, torna-se possível o controle maior das queimadas clandestinas e do desmatamento.

Analisando o assunto tecnicamente, percebemos um ganho maior em escala nos fornos retangulares com leve perda de qualidade de conversão se comparado aos fornos menores. Como a escala industrial não aceita mais os processos artesanais de enforamento, gerando atraso no preenchimento e risco de acidente pessoal, o fator conversão é absorvido como perda produtiva.

O Quadro 2 apresenta um comparativo entre as duas modalidades de produção de carvão vegetal, sendo que todos os valores apresentados são médios e sua utilização para análise de viabilidade econômica de empreendimentos deve ser restrita, necessitando um maior aprofundamento nos valores.

Além dos valores apresentados no Quadro abaixo, os aspectos ambientais e sociais, de difícil mensuração mas claramente influenciados positivamente com a adoção de sistemas mecanizados de produção, merecem destaque neste cenário.

Com a mecanização, ao eliminar a presença de trabalhadores em áreas de risco, principalmente naquelas atividades que demandam grande esforço físico e exposição acentuada aos agentes nocivos à saúde, ampliou-se o nível de segurança e atendimento às Legislações trabalhistas, mesmo que isto tenha significado redução de empregos. Também, com a especialização das atividades, elimina-se os cenários de trabalho escravo, de trabalho infantil e de condições sub-humanas de trabalho, fortemente associados à produção de carvão vegetal.

Se explorarmos mais os aspectos sociais, percebemos enormes ganhos na qualidade operacional dos fornos atuais, a começar com a exposição a gases

nocivos e fumaças indesejadas. Pode-se observar nas fotos abaixo as condições precárias de produção quando se trata de fornos convencionais. A Exposição a situações desumanas, gerando uma imagem negativa da produção, prejudica o setor carvoeiro.



FIGURA 11 - Moradia de família nas florestas em operação de carvoejamento.

As condições de moradias mostram um aspecto de pobreza.(Figura 11 e 12) Nos processos tradicionais os funcionários, muitas vezes sem vínculo empregatício, moravam nos locais de produção devido a distancia de centros populacionais.



FIGURA 12 - Condição precária de apoio.

Com a condição de entrada dos fornos em portas menores e não mecanizáveis, as toras são serradas em tamanhos menores de forma que o homem pudesse carregá-las nas mãos. O índice de problemas ergonômicos e de acidentes são visivelmente maiores nesta condição de trabalho. (Figura 13).

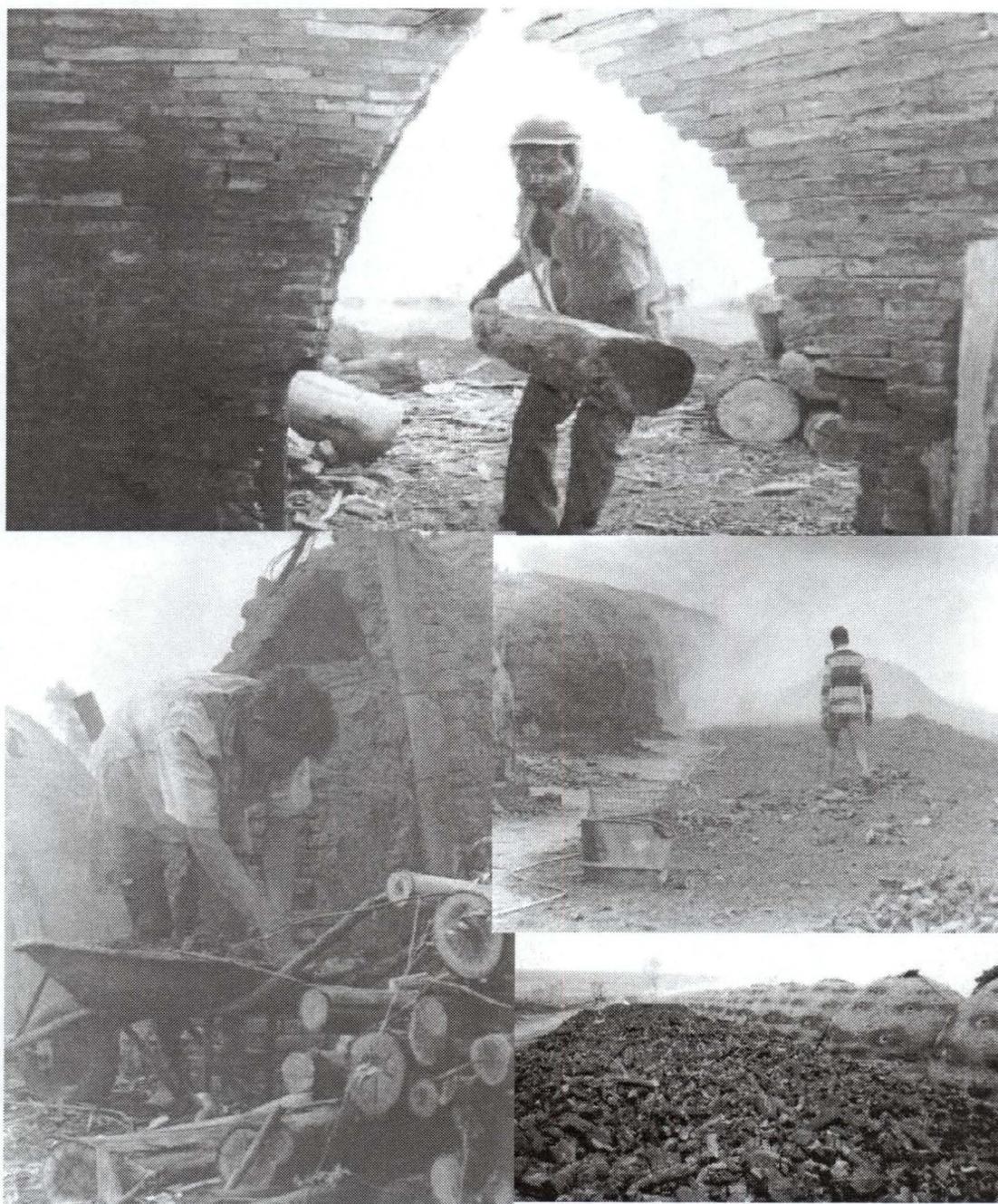


FIGURA 13 – Uso De Mão de Obra nos fornos tradicionais.

Quando se tem o produto acabado no processo tradicional , o Carvão é ensacado e carregado pelas pessoas ali envolvidas, gerando fuligem de carvão em excesso e expondo a uma respiração deficiente e criminosa. Para os fornos retangulares, o prcesso de ensacamento deixa de existir dando lugar ao enchimento de gaiolas no sistema granel. Figura 14.



FIGURA 14 – Ensacamento de carvão Vegetal no campo.

QUADRO 2 – Comparativo entre a Produção de Carvão em Fornos Tradicionais e em Fornos Retangulares

Item	Unidade	Forno Tradicional (A)	Forno Retangular (B)	Varição % (B)/(A)
Produção de Madeira^{1/}				
Implantação da Floresta	R\$/ha	2.000,00	3.500,00	+ 75%
Manutenção da Floresta	R\$/ha	700,00	1.500,00	+ 140%
Produção de Madeira ^{2/}	m ³ /ha	180	350	+ 94%
Custo da Madeira em pé ^{3/}	R\$/m ³	15,00	14,30	- 5%
Colheita	R\$/m ³	25,00	15,00	- 40%
Carregamento	R\$/m ³	4,00	2,00	- 50%
Transporte da Madeira ^{4/}	R\$/m ³	5,00	3,00	- 40%
Custo da Madeira no Forno ^{5/}	R\$/m ³	49,00	34,30	- 30%
Enchimento do Forno	Horas	4	8	+ 50%
Carbonização	Dias	12	12	--
Produção de Carvão por Fornada	mdc	20	100	+ 500%
Produção Mensal de Carvão	mdc	50	250	+ 500%
Produção Anual de Carvão	mdc	600	3.000	+ 500%
Custo de Construção do Forno ^{6/}	Rs	2.000,00	50.000,00	+ 2.500%
Vida Útil do Forno	Anos	5	15	+ 100%
Depreciação do Forno ^{7/}	R\$/mdc	0,67	1,11	+ 66%
Custo p/ Enchimento dos Fornos ^{8/}	R\$/mdc	15,20	8,00	- 47%
Custo de Produção do Carvão	R\$/mdc	64,87	43,41	- 33%

Obs.: ^{1/} Considerando que para os fornos retangulares todas as atividades florestais são integradas e mecanizadas.

^{2/} Aos sete anos de idade.

^{3/} Custo de exaustão florestal = madeira em pé no momento da colheita (inclui todos os gastos com silvicultura)

^{4/} Considerando uma distância média de 20 Km entre a área de colheita e a praça de fornos.

^{5/} Custo da madeira na "boca do forno".

^{6/} Considerando terraplanagem, compactação da base, tijolos, mão-de-obra, conjunto de captação d'água, alojamento, barracas para carvão e outras estruturas para funcionamento da carvoaria.

^{7/} Considerando que o forno tradicional produz 3.000 mdc em sua vida útil enquanto o forno retangular produz 45.000 mdc.

^{8/} Considerando salário+encargos de um ajudante (R\$ 760,00/mês) para enchimento do forno tradicional e seis horas de máquina com operador (R\$ 100,00/hora) para enchimento do forno retangular.

Ressalto que o investimento inicial para uso de fornos retangulares é maior que os fornos tradicionais. Percebe-se o ganho nos custos operacionais ao longo dos períodos subsequentes.

6. CONCLUSÕES

As florestas plantadas destacam-se por representar a principal fonte de suprimento de madeira das cadeias produtivas de importantes segmentos industriais como os de celulose e papel, produtos sólidos de madeira, painéis reconstituídos, móveis, siderurgia a carvão vegetal, energia e produtos de madeira sólida. Análises comprovam a evolução do IDH nos municípios onde se praticam silvicultura.

Foi verificado uma grande evolução na mecanização nos processos produtivos de CV, com ganho de eficiência na metodologia.

A aplicação de alta tecnologia na colheita florestal e na produção de carvão vegetal tem as seguintes conseqüências diretas: substituição de mão-de-obra barata e sem qualificação, por mão-de-obra qualificada e mais cara, com redução do nível de emprego.

A mecanização gera salários maiores a um grupo menor de pessoas, essas, por sua vez, passam a demandar novos serviços e atividades, estabelecendo um equilíbrio de oferta e procura, principalmente, da mão-de-obra não qualificada. A diminuição dos custos operacionais é outra realidade, comprovando que a adoção de tecnologia de ponta torna as empresas mais competitivas.

O uso de unidades produtivas mecanizadas é melhor no aspecto social, fornecendo uma qualidade de uso de Mão de Obra qualificada e mais bem remunerada.

A situação de fornos tradicionais é degradante no aspecto social por usar homens em frentes de trabalho agressivas e desqualificadas.

Pode-se concluir que a utilização dos fornos retangulares, permitindo a mecanização de todo o processo produtivo da madeira, além da mecanização na carga e descarga dos fornos, contribui de forma significativa para a melhoria nas condições de trabalho, reduzindo a imagem negativa do processo de produção.

No aspecto ambiental, o uso de fornos retangulares é melhor por se ter processos mais controlados e eficientes, extraíndo o máximo de cada etapa e minimizando o impacto na biodiversidade.

O uso do eucalipto como fonte de energia renovável é extremamente importante para diminuir a busca de florestas de cerrado e campos rupestres para produção de carvão vegetal.

Verifica-se que as vantagens dos fornos retangulares sobressaem a dos tradicionais nos aspectos econômicos, operacionais e principalmente sociais, com ganhos significativos para o desenvolvimento Humano.

7. BIBLIOGRAFIA

ABRACAVE - Associação Brasileira de Carvão Vegetal. **Anuário Estatístico**. Belo Horizonte: ABRACAVE. 1977

ABRACAVE. **Anuários Estatísticos**. Disponível em: <http://www.abracave.com.br/anuario.html>. Acesso em 20 mai. 2007.

ABRAF - Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário Estatístico da ABRAF : Ano Base 2005**. Brasília: ABRAF, 2006. 80 p.

AGÊNCIA TERRA. **A Produção de Carvão Vegetal no Mato Grosso do Sul: Um Estudo de sua Dinâmica Sócio-Econômica e Ambiental**. Belo Horizonte: Agência Terra/Fundo das Nações Unidas para a Infância. 1996

ARACRUZ. **O Eucalipto: história**. Disponível em: http://www.aracruz.com.br/port/euca_historia.htm . Acesso em 20 mai. 2007.

BRASIL. **II Plano Nacional de Desenvolvimento (1975-1979)**. Brasília, 1974. 149 p.

BRASIL. Ministério do Interior. Superintendência do Desenvolvimento da Região Centro-Oeste. **II Plano Nacional de Desenvolvimento: programa de ação do governo para a Região Centro-Oeste**. Brasília, 1975. 117 p.

BRITO, J. O. Princípios de Produção e Utilização de Carvão Vegetal de Madeira. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - **Documentos Florestais (9)**: 1-19, mai. 1990

CARVALHO, R. B. **Retrato em Branco e Preto**. Rev. Ciência Hoje, Belo Horizonte, p. 50-52, nov. 2002.

CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. **Produção e Utilização de Carvão Vegetal**. Séries Técnicas CETEC, Belo Horizonte. 1982, 393p.

DIAS, E. C.; ASSUNÇÃO, A. A.; GUERRA, C. B.; PRAIS, H. A. C. 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

FERREIRA, O. C. 2007a. **Emissões de gases de efeito estufa na produção e no uso do carvão vegetal.** Disponível em: <<http://ecen.com/eee20/emiscarv.htm>>. Acesso em: 22 mai. 2007.

FERREIRA, O. C. 2007b. **O futuro do carvão vegetal na siderurgia - Emissão de gases de efeito estufa na produção e consumo de carvão vegetal.** Disponível em: <<http://ecen.com/eee21/emiscar2.htm>>. Acesso em: 13 jun. 2007.

FESSEL, V. A. G. **Qualidade, desempenho operacional e custo de plantios, manual e mecanizado, de *Eucalyptus grandis*, implantados com cultivo mínimo do solo.** Curitiba-PR: UFPR, 2003. 105 p. (Tese M.S.).

GIRÃO, S.A. **Do ideário Desenvolvimentista ao universo social carvoeiro: 1964-1994.** Dourados-MS: UFMS, 2003. 110 p. (Tese M.S.).

GUERRA, Cláudio. **Meio Ambiente e Trabalho no Mundo do Eucalipto.** Belo Horizonte: Agência Terra, 1995. 69 p.

HOLM, D. **O futuro das fontes renováveis de energia para os países em desenvolvimento.** Florianópolis: ISES - International Solar Energy Society. 2005. 68 p.

MACHADO, C. C. (Ed). **Colheita Florestal.** Viçosa: Editora UFV, 2002. 468 p.

MEIRA, A. M. ; BRITO, J. O.; RODRIGUEZ, L. C. E. Estudo de aspectos técnicos, econômicos e sociais da produção de carvão vegetal no município de Pedra Bela, São Paulo, Brasil. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.5, p.809-817, 2005.

MINAYO-GOMEZ, C. & MEIRELLES, Z. V. Crianças e adolescentes trabalhadores: um compromisso para a saúde coletiva. **Cad. Saúde Pública**, **13**: 135-140. 1997.

PIMENTA, A.S.; MINETTE, L. J.; FARIA, M. M.; SOUZA, A. P.; VITA, B. R.; GOMES, J. M. Avaliação do perfil de trabalhadores e de condições

ergonômicas na atividade de produção de carvão vegetal em baterias de fornos de superfície do tipo "rabo-quente". **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.5, p. 779-785, 2006.

RODRIGUEZ, L. C. E. Monitoramento de florestas plantadas no Brasil: indicadores sociais e econômicos. Piracicaba: **Série Técnica IPEF**, v.12, n.31, p. 23-32, abr, 1998.

SBRT - Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. **Informações sobre o forno Missouri**. Disponível em <<http://sbrt.ibict.br/upload/sbprt4151.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2007.

SBS - Sociedade Brasileira de Silvicultura. **Fatos e Números do Brasil Florestal 2005**. São Paulo: SBS. 2006, 106 p.

SCHAEFER, M. **Salud, Medio Ambiente y Desarrollo: Enfoques para la Preparación de Estratégias a Nivel de Países para el Bienestar Humano segun la Agenda 21**. Geneva: Organización Mundial de Salud. 1994.

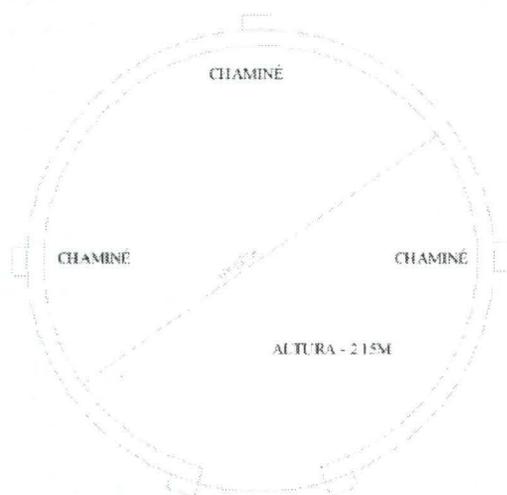
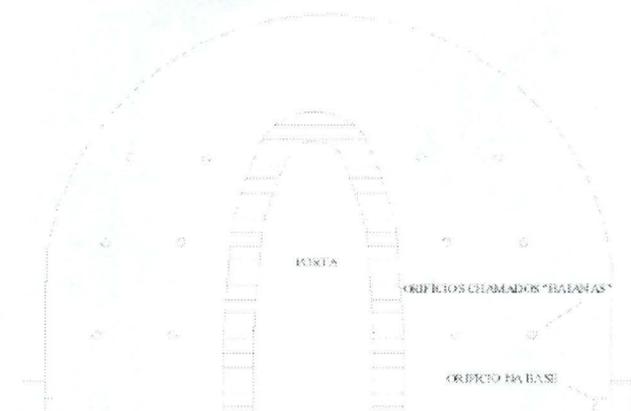
SILOCHI, P. S. **A mecanização da produção de carvão vegetal em MG**. In.: Opiniões sobre o setor Celulose & Papel. Disponível em <<http://www.revistaopinioes.com.br/Conteudo/CelulosePapel/Edicao006/Artigos/Artigo006-09-G.htm>>. Acesso em: 21 jun. 2007.

UnB - FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - **Relatório parcial das atividades desenvolvidas pela Faculdade de Tecnologia da Fundação Universidade de Brasília - 31/03/1997**. Disponível em: <<http://www.unb.br/ft/lccc/prodeng.htm>>. Acesso em: 23 mai. 2007.

USP - UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Banco de dados de biomassa no Brasil: carvão vegetal**. Disponível em: <<http://infoener.iee.usp.br/cenbio/biomassa.htm>>. Acesso em: 22 mai. 2007.

ZUCHI, P. S. Avaliação Ergonômica do Trabalho na Atividade de Carvoejamento. Simpósio Brasileiro sobre Ergonomia e Segurança do Trabalho Florestal e Agrícola - ERGOFLOR, I. Belo Horizonte. 2000. **Anais...**

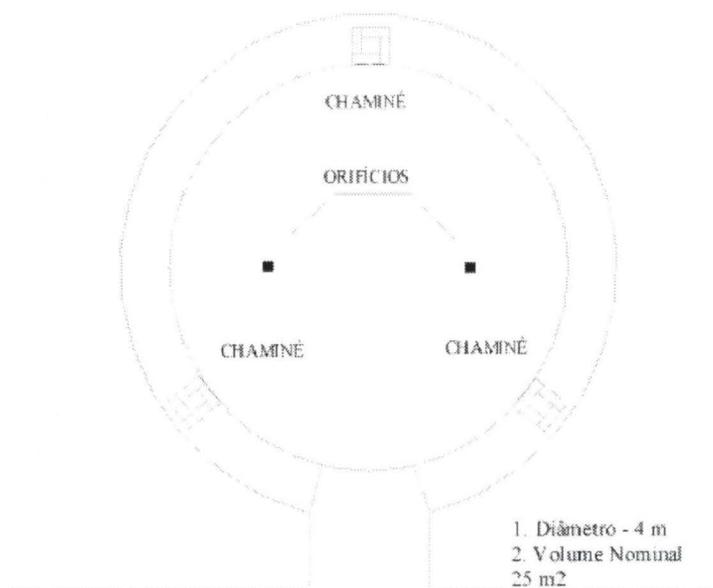
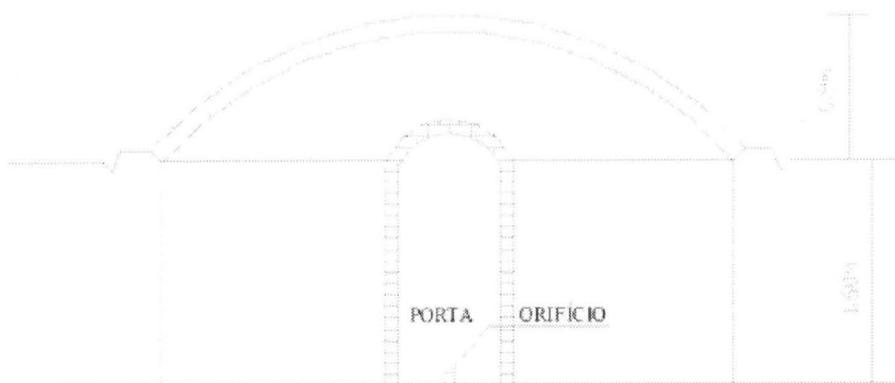
ANEXO 1 – Modelos Tradicionais de Fornos Utilizados para Produção de Carvão Vegetal.



Anexo 1.1 - Forno "Rabo-Quente", empregado por pequenos produtores.

Esse modelo de forno é construído com tijolos, geralmente sem chaminé, e com uma porta. A sua capacidade volumétrica efetiva pode variar desde 9 st (mais usual no Brasil), até 50 st de madeira. O diâmetro de sua base pode ser de 3 a 7 m e sua altura total de 3,50 a 3,70 m. Devido a sua forma semiesférica, em geral, utiliza-se madeira com comprimento máximo girando entre 1,20 e 1,30 m para uma melhor ocupação interna do volume do forno. Exemplo de produção:

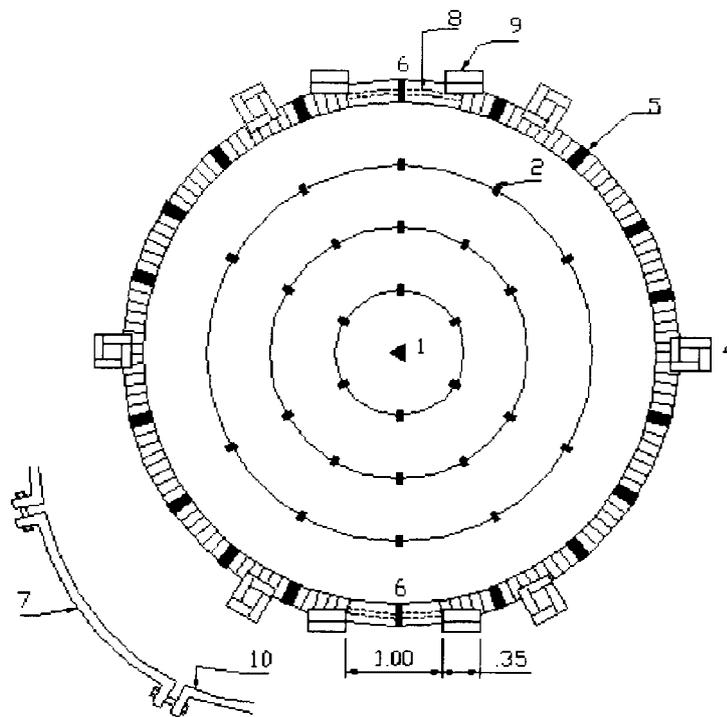
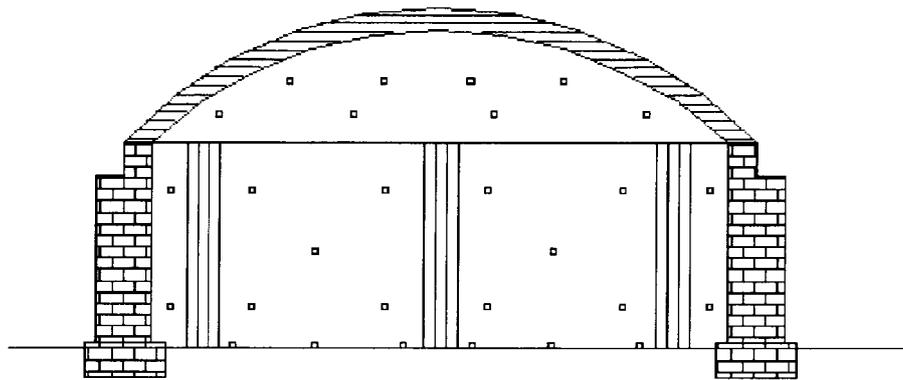
- volume de madeira = 20 st
- ciclo total = 10 dias (240 h)
- produção = 1,7 t cv/ciclo
- relação de volume = 2.5 st lenha/mdc
- produtividade = 0,33 kg carvão/st lenha/hora



Anexo 1.2 - Forno de encosta

Este forno, também construído com tijolos, geralmente com 1 a 3 chaminés e uma porta. A sua capacidade efetiva varia entre 18 e 25 st de madeira. Possui diâmetro da base entre 4 e 6 m e altura total entre 2,50 e 2,80 m. Pelo fato de possuir formato cilíndrico na maior parte de sua construção, pode aceitar madeira acima de 2,00 m de comprimento. Exemplo de produção:

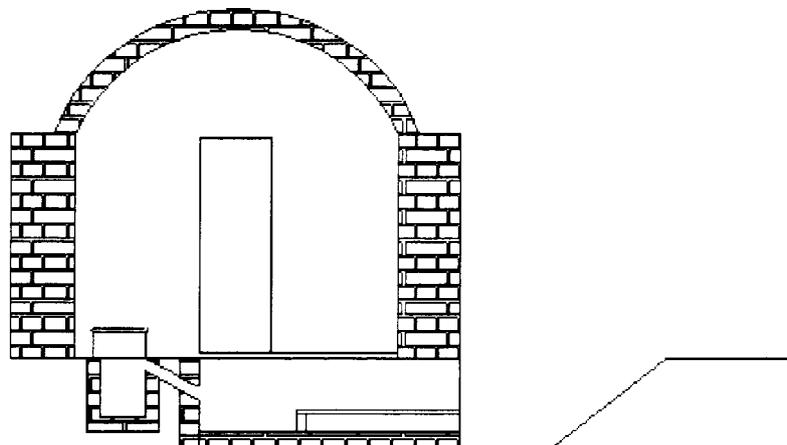
- volume de madeira = 20 st
- Ciclo total = 10 dias (240 h)
- produção = 2,1 t carvão/ciclo
- relação de volume = 2,3 st lenha/mdc
- produtividade = 0,44 kg carvão/st lenha/hora



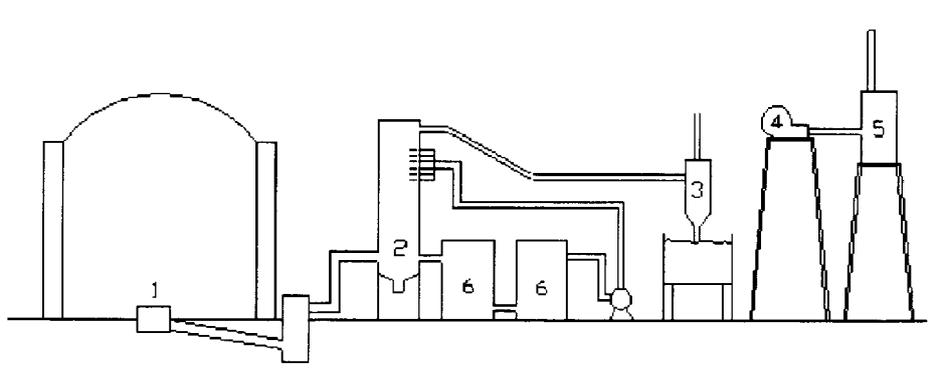
- 1 - Abertura para a ignição da carga
- 2 - Orifícios para controle de ar
- 3 - Orifícios de controle de ar no corpo do forno
- 4 - Chaminé
- 5 - Orifícios na base do cilindro do forno
- 6 - Portas de cargas e descarga
- 7 - Cinta de aço
- 8 - Estrutura de aço das portas
- 9 - Colunas de proteção das portas

Diâmetro do forno = 5,0 m

Anexo 1.3 - Forno utilizado por siderúrgicas integradas



Anexo 1.4 - Forno com câmara de combustão externa



Anexo 1.5 - Instalação para a recuperação de alcatrão

- 1 - Forno
- 2 - Torre de lavagem
- 3 - Ciclone
- 4 - Soprador
- 5 - Filtro
- 6 - Tambores para a coleta de alcatrão

FIM.